

Береснев И.С., Мушегян Е.Р., Потаскуев М.А. Перспективы использования лазерного сканирования при обследовании резервуаров // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – №8 (август). – АРТ 453-эл. – 0,3 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 620.1.08

Береснев Илья Сергеевич

студент, бакалавр, направление 21.03.01 нефтегазовое дело
ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет» (ПНИПУ),

г. Пермь, Российская Федерация

Мушегян Еремия Робертович

студент, бакалавр, направление 21.03.01 нефтегазовое дело
ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет» (ПНИПУ),

г. Пермь, Российская Федерация

Потаскуев Максим Андреевич

студент, бакалавр, направление 21.03.01 нефтегазовое дело
ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет» (ПНИПУ),

г. Пермь, Российская Федерация

eremiyazvezda@mail.ru

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАЗЕРНОГО
СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ РЕЗЕРВУАРОВ**

Аннотация: В статье рассматривается перспективный метод обследования стальных вертикальных резервуаров при помощи лазерного сканирования.

Ключевые слова: Резервуары вертикальные стальные, анализ, обследование, лазерное сканирование.

Beresnev Ilya Sergeevich

student, bachelor, direction oil and gas business FGBOU VPO « Perm National
Research Polytechnic University» (PNRPU),
Perm, Russian Federation

Mushegyan Eremiya Robertovich

student, bachelor, direction oil and gas business FGBOU VPO « Perm National
Research Polytechnic University» (PNRPU),
Perm, Russian Federation

Potaskuev Maksim Andreevich

student, bachelor, direction oil and gas business FGBOU VPO « Perm National
Research Polytechnic University» (PNRPU),
Perm, Russian Federation

**PROSPECTS OF USING LASER SCANNING IN THE EXPLORATION
OF TANKS**

Abstract: The article considers a promising method for examining steel vertical tanks using laser scanning.

Keywords: Vertical steel tanks, analysis, inspection, laser scanning.

В настоящий момент разветвленная сеть магистральных нефтепроводов России связывает районы с различными физико-географическими характеристиками. Инфраструктура магистрального транспорта нефти распространена от полярных районов добычи сырья до южных районов, где осуществляется отгрузка на морской транспорт. Неотъемлемыми сооружениями в технологической цепочке являются крупногабаритные стальные резервуары (РВС), получившие большое распространение. В процессе эксплуатации резервуары испытывают сложное сочетание действующих нагрузок: гидростатическую (от веса продукта); собственный вес корпуса и покрытия; вакуум и избыточное давление (охлаждение/нагревание или слив/налив продукта соотв.); снеговая и ветровая нагрузки – в наибольшей степени обусловлены природно-климатическим фактором. Старые стандарты по съемке резервуаров не обеспечивают качественный, быстрый и надежный с точки зрения точности и объективности данных результат. Технология сканирования позволяет получать трехмерные модели резервуаров, по которым в результате обработки данных могут быть получены калибровочные таблицы, данные об отклонении формы резервуара от идеальной или проектной с анализом величины отклонений, оценка вертикальности стенок, отклонений от горизонтали наружного контура днища и т.д. Высочайшая производительность и автоматизация полевых работ при использовании метода лазерного сканирования позволяют провести эту работу максимально оперативно, точно и с высокой степенью объективности конечных данных.

Анализ аварийности и причин аварий вертикальных стальных резервуаров

На сегодняшний день стальные вертикальные резервуары являются одними из наиболее опасных промышленных объектов. Это связано с рядом причин: - высокая пожаровзрывоопасность хранимых продуктов;

- большая протяженность сварных швов конструкции, которую достаточно трудно и трудоемко полностью проконтролировать;
- несовершенства геометрической формы, возникающие еще на стадии гидроиспытаний резервуаров;
- значительные перемещения стенки резервуара как в процессе эксплуатации, так и в процессе выполнения технологических операций;
- высокая скорость коррозии элементов конструкции;
- малоцикловая усталость отдельных зон конструкции;
- сложный характер нагружения конструкции в зоне уторного шва.

Аварии резервуаров приводят к тяжелым материальным, экологическим и социальным последствиям. Среди основных последствий аварий можно выделить следующие: полное или частичное разрушение самого аварийного резервуара, а также других близко расположенных резервуаров, зданий и сооружений; загрязнение почвы и водных объектов нефтью и нефтепродуктами, а также загрязнение атмосферы продуктами горения; травмирование и гибель людей. Проанализировав причины аварий вертикальных стальных резервуаров, можно определить факторы, оказывающие основное влияние на формирование НДС резервуаров.

| Наименование доминирующих причин аварий резервуаров | Число аварий | Процент от общего числа аварий, % |
|---|--------------|-----------------------------------|
| 1. Недопустимо большие и неравномерные осадки грунтового основания | 99 | 46,5 |
| 2. Наличие концентраторов напряжений в несущих и ограждающих конструкциях РВС из-за несовершенства конструкции резервуаров и технологий их возведения | 45 | 21,1 |
| 3. Наличие низкочастотной вибрации и неравномерного нагружения плавающих крыш снеговой нагрузкой с неоднородным трением в затворах, приводящих к заклинанию и обрушению крыш с последующим их разрушением и затоплением | 38 | 17,9 |
| 4. Наличие дефектов в материале и конструкции РВС из-за несоответствия используемого материала сертификационным требованиям | 19 | 8,9 |
| 5. Нарушение технологии изготовления и возведения РВС | 10 | 4,7 |
| 6. Грубые ошибки в аналитических расчетах и проектировании РВС, особенно по II предельному состоянию | 2 | 0,9 |
| Всего | 213 | 100,0 |

Таблица 1 – Доминирующие причины разрушения РВС

Анализ эффективности существующих методов определения пространственного положения и геометрической формы резервуаров

Полное и частичное техническое обследование вертикальных стальных резервуаров предусматривает определение их действительного пространственного положения и реальной геометрической формы (данные работы входят в состав натурного обследования резервуара). Определение пространственного положения резервуара проводится по трем основным причинам. Во-первых, определение пространственного положения резервуара является наиболее простым способом контроля за изменением его напряженно-деформированного состояния. Во-вторых, результаты определения пространственного положения и действительной геометрической формы резервуара являются основой для дальнейшего определения остаточного ресурса резервуара. Наиболее прогрессивным методом определения остаточного ресурса является оценка НДС резервуара с помощью специализированных программных комплексов, основанных на численных методах моделирования. Для работы в этих программных комплексах необходима компьютерная трехмерная модель резервуара, для создания которой и используются результаты определения его пространственного положения. В-третьих, данные обследования позволяют прогнозировать дальнейшее развитие осадки и дефектов геометрической формы резервуара.

Действующие на сегодняшний день нормативные технические акты подразделяют обследование действительного пространственного положения и реальной геометрической формы резервуара на два крупных блока:

- определение высотных отметок окрайки днища;
- измерение геометрической формы стенки резервуара.

Относительные и абсолютные высотные отметки окрайки днища определяют путем нивелирования наружного контура днища в точках, отстоящих друг от друга не более чем на 6 м (как правило, в точках, соответствующих вертикальным швам нижнего пояса), начиная от приемораздаточного патрубка с нумерацией по часовой стрелке. При нивелировании производится измерение отклонений геометрических параметров днища резервуара от номинальных и определяются размеры местных деформаций (хлопунов).

Технология наземного лазерного сканирования

Трехмерное сканирование – это систематический процесс определения координат точек, принадлежащих поверхностям физических объектов, с целью последующего получения их пространственных математических моделей.

Наиболее современным бесконтактным трехмерным сканером является наземный лазерный сканер. Сущность наземного лазерного сканирования заключается в измерении с высокой скоростью расстояния от сканера до точек объекта и регистрации соответствующих направлений (вертикальных и горизонтальных углов). Следовательно, при наземном лазерном сканировании измеряемые величины аналогичны величинам, измеряемым при работе с электронными тахеометрами. Таким образом, по своей сути НЛС является следующим этапом развития электронных тахеометров, отличающимся от них принципом тотальной съемки всей поверхности обследуемого объекта.

В наземных лазерных сканерах реализуются два основных метода определения расстояния с помощью лазерного луча: импульсный и фазовый. При измерении расстояния импульсным методом измеряется непосредственно время распространения коротких, регулярно следующих

со сравнительно долгими паузами импульсов, от приемно-передающего устройства до объекта и обратно.

Таким образом, принцип работы наземного лазерного сканера заключается в следующем: пучок, излучаемый лазерным дальномером I класса, направляется блоком развертки на объект, отражаясь от которого, возвращается в сканирующую систему, попадая на приемное устройство, где и фиксируется время возвращения (фаза) отраженного сигнала. При этом происходит фиксирование направления распространения лазерного луча и расстояние до точек объекта. В качестве блока развертки в НЛС выступают сервопривод и полигональное зеркало или призма. Отклонение лазерного луча в горизонтальной плоскости происходит за счет поворота верхней части сканера, а в вертикальной плоскости – за счет вращения или качания зеркала.

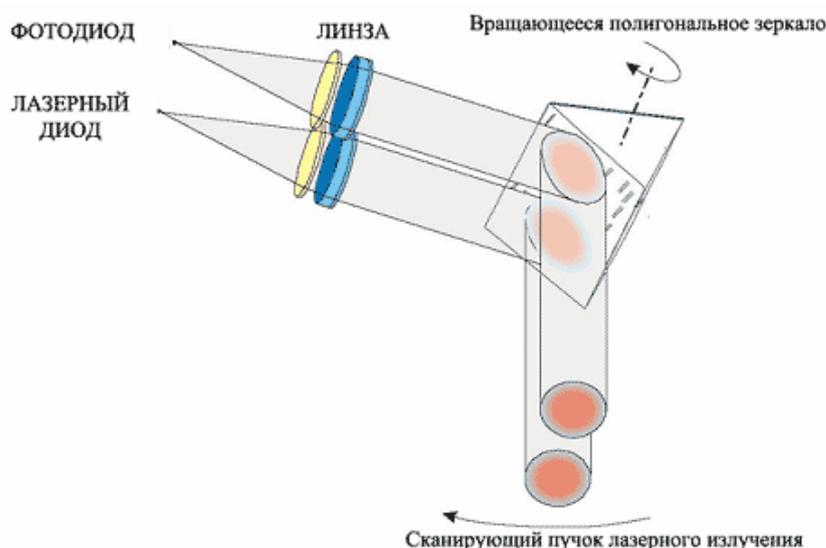


Рис.1 Принципиальная схема работы НЛС

Результатом работы НЛС является файл, содержащий данные о расстоянии от лазерного сканера до точек поверхности объекта, вертикальные и горизонтальные углы, характеризующие направление распространения лазерного луча, интенсивность отраженных сигналов и реальный цвет (набор фиксируемых данных может различаться в зависимости от конкретного лазерного сканера). Полученные данные могут быть представлены в виде скана (двумерного отображения) или облака точек (трехмерного отображения).

Первые НЛС отличались невысокой точностью съемки, поэтому нашли свое применение только при выполнении прикладных топографических задач. Однако точность измерения расстояний и углов наземными лазерными сканерами последнего поколения сопоставима с точностью электронных тахеометров типов Та2 и Та5 по ГОСТ Р 51774-2001. Данные типы электронных тахеометров соответствуют требованиям и применяются при техническом диагностировании резервуаров. Следовательно, современные НЛС могут быть применены при техническом диагностировании резервуаров с целью определения их действительного пространственного положения и реальной геометрической формы.

Методика проведения работ по наземному лазерному сканированию резервуаров

Предлагаемая методика проведения работ по наземному лазерному сканированию резервуаров с целью определения их действительного пространственного положения и реальной геометрической формы позволяет выполнить необходимый комплекс работ с наименьшими трудовременными затратами, а также получить данные об отклонениях образующих стенки резервуара от вертикали и высотных отметках окрайки днища. Методика предусматривает построение трехмерной математической

модели стенки резервуара для оценки ее НДС с учетом действительного пространственного положения и реальной геометрической формы.

Разработанная методика проведения работ по наземному лазерному сканированию резервуаров включает три этапа:

1) предварительная подготовка:

- разработка предварительной схемы расстановки сканерных станций и предварительной схемы размещения специальных марок;
- подбор комплекса оборудования по наземному лазерному сканированию, необходимого для проведения работ;
- выбор разрешения сканирования;

2) проведение полевых работ:

- корректировка расстановки сканерных станций и размещения специальных марок с учетом реальной обстановки на объекте;
- непосредственная съемка резервуара;

3) камеральная обработка полученных данных:

- регистрация сканов в единое облако точек, формирующее поверхность резервуара;
- определение отклонений образующих резервуара от вертикали;
- определение высотных отметок окрайка днища;
- построение трехмерной математической модели стенки резервуара, пригодной для оценки ее НДС по результатам НЛС.

Вывод

Практические работы подтвердили высокую эффективность применения технологии лазерного сканирования для определения геометрических параметров РВС.

1) Данный способ позволяет с высокой точностью и достоверностью решать следующие задачи:

- определение отклонения наружного контура днища от горизонтали;
- определение отклонения образующих стенки резервуара от вертикали;
- определение отклонений от проектных форм РВС;
- построение карты деформации стенок резервуара;
- определение различных геометрических параметров, таких как высота, диаметр и объем резервуаров с точностью до 3-6 миллиметров.

2) Существенным преимуществом применения лазерного сканирования является то, что все измерения выполняются дистанционно, без использования лесов или верхолазных работ и без риска нахождения людей в зоне потенциально опасного объекта.

Список использованной литературы:

1. Николаев Н.В., Иванов В.А., Новосёлов В.В. Стальные вертикальные резервуары низкого давления для нефти и нефтепродуктов. Тюмень, 2001. — 767 с.
2. Розенштейн И.М. Аварии и надежность стальных резервуаров. – М.: Недра, 1995. – 253с.
3. Наземное лазерное сканирование: монография / В.А. Середович, А.В. Комиссаров, Д.В. Комиссаров, Т.А. Широкова. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 261 с.

Дата поступления в редакцию: 09.08.2018 г.

Опубликовано: 09.08.2018 г.

© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник», электронный журнал, 2018

© Береснев И.С., Мушегян Е.Р., Потаскуев М.А., 2018