

*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](mailto: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.

**Всероссийское СМИ**  
**«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»**  
Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.  
(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)  
e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

| 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.

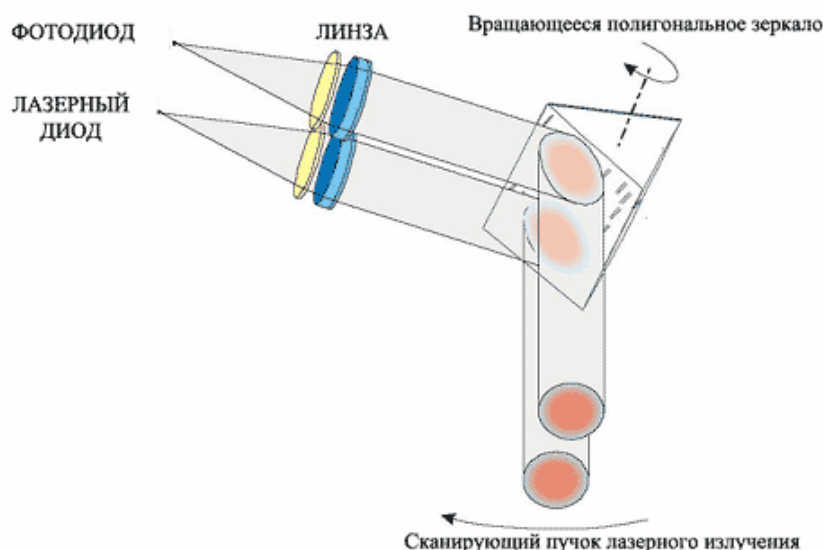


Рис.1 Принципиальная схема работы НЛС



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*