

## ТРЕХМЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ СЛОЖНОПРОФИЛЬНОЙ ОБЪЕМНОЙ МОДЕЛИ

С.О. Крючкова, К.К. Манабаев

Научный руководитель - доцент К.К. Манабаев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В статье производится анализ методов трехмерного сканирования сложнопрофильной объемной модели исследования. В результате была получена геометрическая 3D-модель резервуара стального вертикального, созданная на основе данных лазерного сканирования, с целью проверки прочностных характеристик.

Ключевые слова: резервуар вертикальный стальной (РВС), лазерное сканирование, гидростатическое давление, напряженно-деформированное состояние (НДС).

Перед введением резервуаров в эксплуатацию проводится анализ его технического состояния, и выявляются недопустимые отклонения. Для этого производится измерение фактических геометрических параметров. Для измерений используется 3D сканирование – процесс получения 3D модели предмета на основе анализа его геометрической формы. Трехмерное сканирование дает возможность получить сложно профильную объемную модель исследуемого объекта – оцифровывается предмет, что позволяет быстро сделать его математическую модель для последующих расчетов. На сегодняшний день существуют контактный и бесконтактный методы сканирования, так же бесконтактный метод подразделяется на активный и пассивный.

Основным принципом контактного метода является обводка сканируемого объекта специальным механическим приспособлением – щупом, которое является сенсором. На объект наносят сетку, размер ячеек которой в областях высокой кривизны поверхности должен быть минимальным, а в местах малой кривизны – наибольшим, далее производят сканирование. В точках пересечения линий сетки замеряются координаты, которые выводятся на компьютер. В настоящее время метод получил развитие до специального устройства, которое позволяет нанести сетку не вручную, как это было раньше. Щуп движется по поверхности объекта и в компьютер заносятся координаты о его положении. На базе этих координат строится трехмерная модель сканируемого объекта. У данного метода существуют недостатки, такие как невозможность захвата текстуры сканируемого объекта и невозможность сканирования объектов больших размеров.

Что касается бесконтактного активного метода, то его принцип основывается на измерении расстояния от сканера до точек объекта сканирования. Данный метод может осуществляться оптическими системами, использующими модулированную или структурированную подсветку. Объект освещается световыми импульсами, изменяющимися определенным образом. Камера считывает отражения и по искажениям получает облик сканируемого объекта. При структурированной подсветке объект освещается определенным “узором” (сеткой), по искажениям которой камера создает виртуальную 3d модель. Недостатками этого методами является сложность или невозможность сканирования прозрачных и зеркальных поверхностей, а также сканирование мелкогабаритных изделий требует использование более точной оптики, а соответственно более дорогих 3d сканеров.

Самым подходящим методом сканирования является бесконтактный пассивный, который использует отражающийся свет от анализируемого объекта. По сути этот метод сканирования представляет собой либо съемку объекта обычными видеокамерами при разной освещенности и восстановление их в 3d, либо съемка силуэта объекта на высококонтрастном фоне при помощи стереоскопических или “силуэтных” видеокамер.

Для измерений РВС использовался наземный лазерный сканер Leica C10, который удовлетворяет требованиям точности измерений. Чтобы охватить всю поверхность резервуара, съемка выполнялась с нескольких позиций на расстоянии до 20 м от РВС, с шагом точек от 2 до 5 мм.

Результаты сканирования и точечная модель сразу отображаются в специализированной программе Leica Cyclone.

На рисунке 1 приведены результаты внешнего сканирования РВС. По графическому представлению возможно качественно оценить расположение основания резервуара, стационарных металлоконструкций, рабочих площадок и прочих инженерных решений элементов конструкции. На рисунке 2 изображены зоны деформации стенок РВС 10000. По цветовой карте отклонений между идеальной поверхностью и фактической можно судить о деформациях стенок резервуара. Зоны несоответствия поверхностей окрашены в соответствии с цветовой картой.

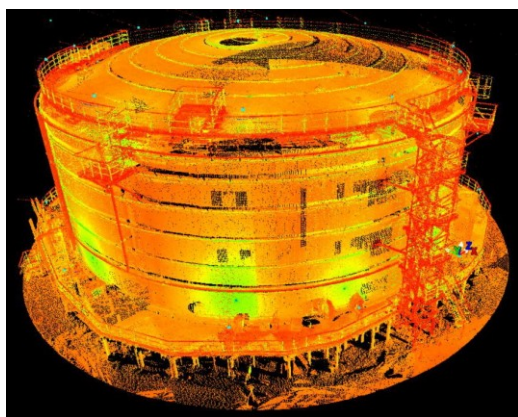


Рис.1 трехмерная точечная модель

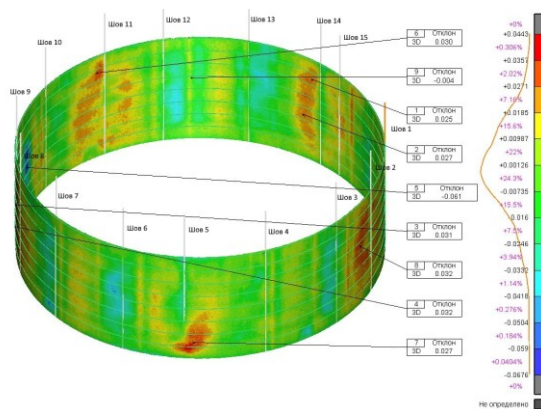


Рис. 2 деформация стенок резервуара

На рисунке 3 изображены зоны деформации дна резервуара. Из рисунка видно максимальные отрицательные и максимальные положительные отклонения дна. На рисунке 4 приведены результаты внутреннего сканирования РВС. На рисунке показаны внутренний регистр подогрева и прочие инженерные решения элементов конструкции.

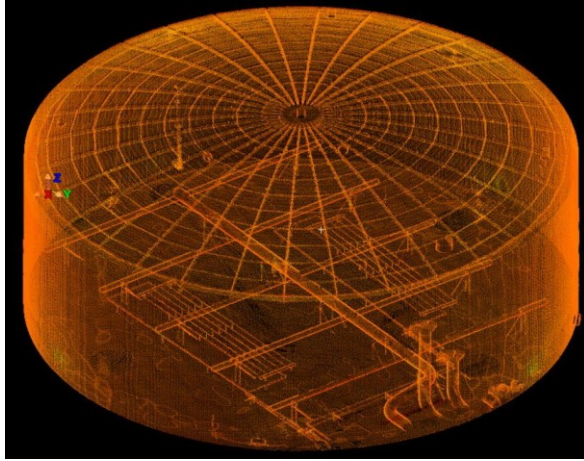


Рис. 3 Зоны деформации дна резервуара

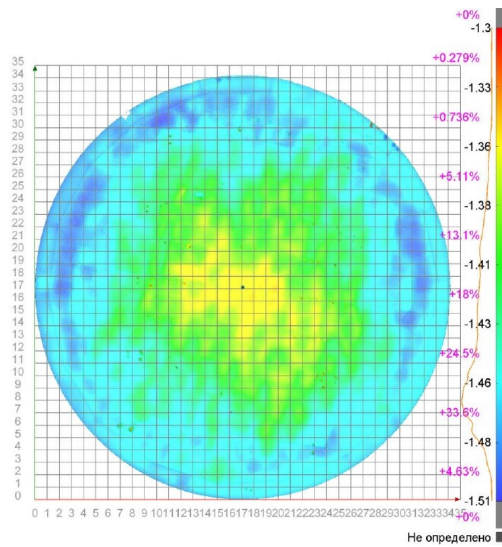


Рис. 4 Внутреннего пространства РВС

Таким образом, в результате сканирования бесконтактным пассивным методом были выявлены некоторые зоны резервуара с недопустимыми отклонениями. Для определения, надежности которых необходимо провести оценку в соответствии с требованиями п. 2.1.8 «Нормы проектирования Стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000 – 50000 м<sup>3</sup> РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04».

#### Литература

1. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. – Введ. 2017-03-01. – М.: Стандартиформ, 2016. – 91 с.
2. РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04. Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м<sup>3</sup>. – Введ. 2004-04-21. – 141 с.
3. Светашков А.А., Куприянов Н.А., Манабаев К.К. Эффективные по времени вязкоупругие модули типа Хашина-Штрикмана // Физическая мезомеханика. — 2013. — Т. 16, № 2. — С. 33-39.
4. Светашков А.А., Куприянов Н.А., Манабаев К.К. Новые эффективные по времени характеристики для решения задач линейной вязкоупругости // Известия вузов. Физика. — 2013. — Т. 56, № 7-3. — С. 206-208.
5. Светашков А.А., Куприянов Н.А., Манабаев К.К. Модификации эффективных модулей типа Хашина-Штрикмана для двухкомпонентного изотропного композита // Физическая мезомеханика / Российская академия наук (РАН), Сибирское отделение (СО), Институт физики прочности и материаловедения (ИФПМ). — 2015. — Т. 18, № 6. — С. 57-65.