

Градуировка резервуаров морских и речных судов геометрическим методом по технологии лазерного сканирования

**3D инженерные
изыскания**



НГКИ

Сложность градуировки судовых резервуаров традиционными методами

Общепризнанным методом градуировки резервуаров является объемный метод, заключающийся в подаче в резервуар жидкости через эталонный расходомер и сопоставлении уровня жидкости в резервуаре ее объему. Достоинствами этого метода являются его простота и методическая ясность, а также полная независимость метода от формы резервуара и имеющейся внутри резервуара инфраструктуры. Очевидными недостатками этого метода являются: необходимость очистки и/или утилизации заполняющей жидкости, длительность процесса налива и слива градуирующей жидкости, необходимость осушения резервуаров после градуировки. Все данные недостатки не критичны для резервуаров, емкость которых позволяет доставлять и вывозить градуирующую жидкость на автоцистерне, входящей в состав градуировочного комплекса. Как правило, танки ходового запаса и, тем более, грузовые танки судов превышают по объему 20–30 м³, что делает «наливной» метод неконкурентным. Другим критическим недостатком такого метода является невозможность его применения для пошаговой градуировки в заданных диапазонах изменения углов крена и дифферента судна из-за длительности работ, превышающей в данном случае всякие мыслимые пределы времени.



Для градуировки цилиндрических резервуаров большой емкости применяется геометрический метод ГОСТ 8.346-2000 и ГОСТ 8.570-2000. Данный метод заключается в измерении основных геометрических параметров резервуаров (диаметра, длины, радиусов торцевых завершений, толщины стенок) простейшими средствами измерений (линейками, рулетками, толщиномерами) и расчете градуировочных таблиц с использованием формул классической геометрии.

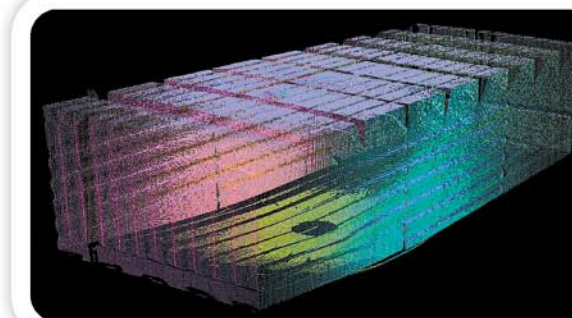
Очевидными недостатками этого метода являются: длительность и сложность процесса обмеров, отсутствие автоматизации, приводящее к существенной зависимости от «человеческого фактора», ограниченный класс резервуаров, которые могут быть отградуированы, сложность учета объема внутренней инфраструктуры резервуаров и деформаций их стенок и днища.

Форма грузовых танков и, тем более, танков ходового запаса судов полностью определяется формой корпуса, компоновкой судна и судовым набором. Поэтому применение для градуировки судовых танков процедур вычисления объемов, основанных на представлении фигуры резервуара в виде ограниченного числа геометрических примитивов, практически невозможно.

Градуировка резервуаров с применением технологии 3D лазерного сканирования

3D лазерное сканирование является единственной технологией, позволяющей получить точную цифровую модель геометрии резервуара произвольной формы и произвольного размера с минимальным шагом измерений. Процесс точных обмеров внутреннего пространства резервуаров заключается в том, что внутрь резервуара помещается лазерный сканер, который определяет координаты точек внутренней поверхности резервуара. Скорость измерений достигает сотен тысяч измерений в секунду. Шаг измерений — от 1–2 мм. Точность определения координат точек поверхности резервуара — от 0,2 мм в зависимости от точности применяемого сканера.

Чтобы точно учесть объемы всех элементов конструкции (ребра судового набора, опоры, лестницы, прочее) и внутреннего обустройства (трубопроводы обогрева, мерные трубы, прямки, патрубки и клапаны налива и слива жидкостей), съемка внутреннего пространства резервуара проводится с нескольких оптимально выбранных оператором точек. После сшивания облаков точек измерений, полученных при различных положениях сканера, в единое облако, строится твердотельная модель внутреннего пространства резервуара с учетом элементов его конструкции и инфраструктуры. Далее модель «нарезается» на горизонтальные слои с заданным шагом и вычисляется объем каждого слоя и объем резервуара в целом. Результаты расчетов вносятся в градуировочную таблицу. Наличие детальной цифровой модели танков, позволяет осуществлять их развороты по крену и дифференту и осуществлять градуировку при заданных углах.



Достоинства применения трехмерного лазерного сканирования для целей градуировки резервуаров

Длительность обмеров даже весьма крупных резервуаров не превышает 30 минут, что очень часто бывает крайне важно и критично для наших Заказчиков в условиях действующего производства. Для технологии 3D лазерного сканирования совершенно безразлично, какой формы наливной резервуар. Сканер снимает внутреннюю поверхность резервуара со всеми её неровностями, элементами конструкции и инфраструктуры в резервуаре. Моделирование учитывает и включает все неровности и элементы конструкции / инфраструктуры резервуара.

Градуировка резервуаров с применением технологии 3D лазерного сканирования абсолютно не критична к размерам градуируемых резервуаров. Имеющиеся в нашем распоряжении 3D сканеры позволяют получить высокую точность построения внутренней поверхности резервуара 0,2–1,0 мм на расстояниях до 15–20 м. При таких точностях измерения координат точек внутренней поверхности резервуаров, метод лазерного сканирования обладает существенно большей точностью, нежели метод измерения объема заливаемой жидкости. Преимущество метода 3D сканирования особенно сказывается при градуировке больших резервуаров.



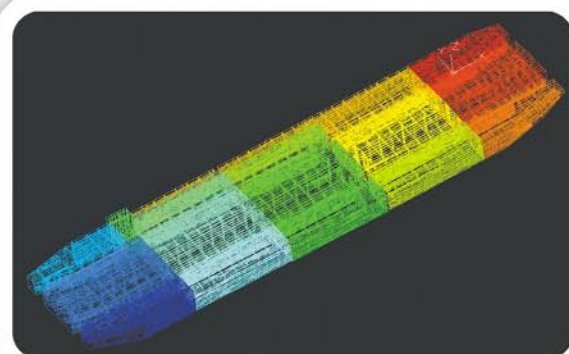
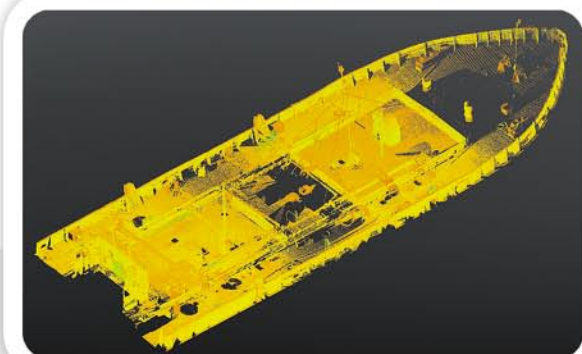
Ограничения применения трехмерного лазерного сканирования для градуировки резервуаров

Максимальная точность съемки и последующего 3D моделирования внутренней поверхности резервуара достигается при нескольких установках сканера в резервуаре (то есть, при съемке с нескольких точек). Условия выбора оптимального положения сканера для съемки требуют, чтобы в резервуаре в течение 15–30 минут находился наш специалист с лазерным 3D сканером (специальный измерительный оптико-электро-механический прибор). Поэтому желательна дегазация резервуара на момент съемки, обеспечивающая безопасное нахождение человека и прибора в резервуаре.

В случае невозможности дегазации резервуара на момент съемки, сканирование производится через люки /лазы в стенках и днищах резервуара. Лазерное сканирование через ограниченное количество люков /лазов несколько снижает точность моделирования и градуировки резервуаров, однако такое снижение точности не является критичным для большинства Заказчиков.

Для достижения наилучшего качества отражения лазерного луча от стенок резервуара, то есть для получения максимально точных результатов измерений желательна замывка /зачистка стенок резервуаров от следов нефтепродуктов.

Технология лазерного сканирования неприменима для резервуаров со «скрытыми» объемами, то есть с объемами, не доступными для обмеров оптическими средствами.



Сроки исполнения работ и результаты, которые получает Заказчик

Время, затрачиваемое нашими специалистами на производство обмеров одного наливного резервуара, составляет всего лишь 15–30 минут. Время, затрачиваемое на обработку данных и построение градуировочных таблиц одного резервуара, составляет от одного до трех дней, в зависимости от объема и формы резервуара, а также от его внутренней инфраструктуры.

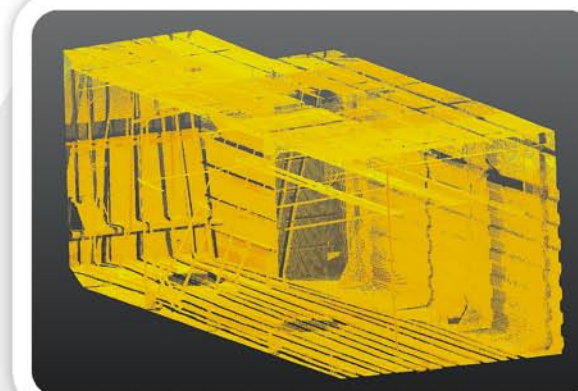
По результатам выполненных работ Заказчику выдается градуировочная таблица резервуара в 2-х экземплярах на картоне плотностью 200 г/м²), а также в цифровом виде на компакт-диске в одном экземпляре в форматах .doc или .xls, в зависимости от требований Заказчика.

В случае производственной необходимости, Заказчику выдается также трехмерная модель фактической формы резервуара в формате .dwg.

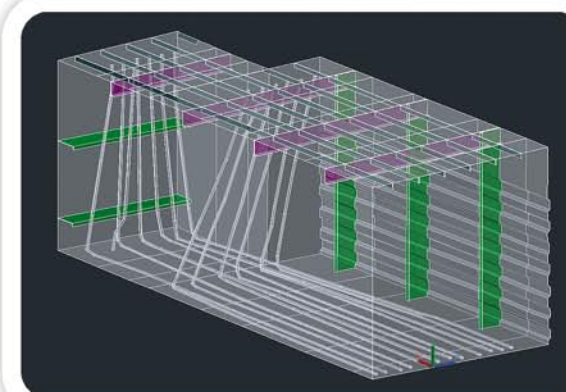
3D лазерное сканирование резервуара



Точечная трехмерная модель резервуара



Трехмерная модель резервуара в векторном формате .dwg



Градуировочная таблица резервуара

Курс	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Угловой танка, (град)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)	Объем танка V0 (м³)
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32	0.31	0.32
2	1.77	1.75	1.77	1.75	1.77	1.75	1.77	1.75	1.77	1.75	1.77
3	2.81	2.79	2.81	2.79	2.81	2.79	2.81	2.79	2.81	2.79	2.81
4	3.84	3.81	3.84	3.81	3.84	3.81	3.84	3.81	3.84	3.81	3.84
5	5.15	5.10	5.15	5.10	5.15	5.10	5.15	5.10	5.15	5.10	5.15
6	6.43	6.39	6.43	6.39	6.43	6.39	6.43	6.39	6.43	6.39	6.43
7	7.84	7.78	7.84	7.78	7.84	7.78	7.84	7.78	7.84	7.78	7.84
8	9.35	9.29	9.35	9.29	9.35	9.29	9.35	9.29	9.35	9.29	9.35
9	10.85	10.79	10.85	10.79	10.85	10.79	10.85	10.79	10.85	10.79	10.85
10	12.35	12.29	12.35	12.29	12.35	12.29	12.35	12.29	12.35	12.29	12.35
11	13.85	13.79	13.85	13.79	13.85	13.79	13.85	13.79	13.85	13.79	13.85
12	14.86	14.80	14.86	14.80	14.86	14.80	14.86	14.80	14.86	14.80	14.86
13	16.36	16.30	16.36	16.30	16.36	16.30	16.36	16.30	16.36	16.30	16.36
14	17.86	17.80	17.86	17.80	17.86	17.80	17.86	17.80	17.86	17.80	17.86
15	19.36	19.30	19.36	19.30	19.36	19.30	19.36	19.30	19.36	19.30	19.36
16	20.86	20.80	20.86	20.80	20.86	20.80	20.86	20.80	20.86	20.80	20.86
17	21.87	21.81	21.87	21.81	21.87	21.81	21.87	21.81	21.87	21.81	21.87
18	23.37	23.31	23.37	23.31	23.37	23.31	23.37	23.31	23.37	23.31	23.37
19	24.87	24.81	24.87	24.81	24.87	24.81	24.87	24.81	24.87	24.81	24.87
20	26.37	26.31	26.37	26.31	26.37	26.31	26.37	26.31	26.37	26.31	26.37
21	27.87	27.81	27.87	27.81	27.87	27.81	27.87	27.81	27.87	27.81	27.87
22	29.37	29.31	29.37	29.31	29.37	29.31	29.37	29.31	29.37	29.31	29.37
23	30.87	30.81	30.87	30.81	30.87	30.81	30.87	30.81	30.87	30.81	30.87
24	32.37	32.31	32.37	32.31	32.37	32.31	32.37	32.31	32.37	32.31	32.37
25	33.87	33.81	33.87	33.81	33.87	33.81	33.87	33.81	33.87	33.81	33.87
26	35.37	35.31	35.37	35.31	35.37	35.31	35.37	35.31	35.37	35.31	35.37
27	36.87	36.81	36.87	36.81	36.87	36.81	36.87	36.81	36.87	36.81	36.87
28	38.37	38.31	38.37	38.31	38.37	38.31	38.37	38.31	38.37	38.31	38.37

Богатый опыт точного измерения объемов и градуировки наливных резервуаров с использованием технологии трехмерного лазерного сканирования наработан инженерной компанией «НГКИ» с 2004 года и позволяет определять объемы резервуаров емкостью от сотен до десятков тысяч кубических метров с точностью до 0,1% от измеряемого объема.



Информация, необходимая для формирования технического задания и определения стоимости работ

Для формирования технического задания по градуировке наливных резервуаров от Заказчика требуется предоставление следующей информации:

- емкость каждого резервуара по проекту;
- фотографии или чертежи (только для нестандартных резервуаров);
- шаг градуировочной таблицы;
- тип и местоположение датчика уровня взлива;
- местоположение «0» датчика уровня взлива;
- формат электронной версии градуировочных таблиц;
- возможное наличие в резервуарах недоступных для измерения объемов;
- техническая возможность входа персонала в резервуары;
- безопасность проведения работ в резервуарах;
- возможность размещения 3D сканера в резервуарах без захода в них персонала;
- наличие в резервуарах паропроводов, ребер жесткости, систем вентиляции, лестниц и / или иной внутренней инфраструктуры.



Стоимость работ по градуировке резервуаров с применением технологии лазерного сканирования

Стоимость работ по градуировке судовых резервуаров определяется трудозатратами на лазерное сканирование и обработку результатов измерений.

Трудозатраты на лазерное сканирование резервуаров зависят от:

- количества и объема резервуаров на судне;
- сложности формы резервуаров;
- затрудненности доступа в отдельные части резервуаров;
- наличия в резервуарах трубопроводов подогрева, ребер судового набора, лестниц или иной инфраструктуры, занимающей объем, который требуется учитывать при построении таблиц.

Трудозатраты на обработку данных помимо указанных факторов, дополнительно зависят от:

- наличия деформаций внутренних стенок и днища резервуаров, влияющих на их емкость;
- принятой системы измерения уровня взлива резервуаров;
- необходимости составления градуировочных таблиц во всем диапазоне изменения углов крена и дифферента судна.

На целый ряд серий судов цена градуировки давно устоялась и хорошо известна нашим постоянным клиентам. Для новых типов судов договорная цена включает сумму стоимости градуировки отдельных резервуаров плюс транспортные и командировочные расходы двух наших специалистов со сканером.



Нашим клиентам часто требуется срочная градуировка грузовых танков в день прибытия в порт погрузки или же во время краткосрочной стоянки на маршруте следования от порта разгрузки в порт погрузки. В подобной ситуации возможен оперативный выезд специалистов на объект — в день, следующий за подписанием договора, а для постоянных клиентов — по письменной заявке, отправленной нам по электронной почте. Важным условием при оперативном выезде специалистов на судно является обязательная вентиляция танков в течение 2–3 суток до приезда наших инженеров.

При первом заключении договора необходим аванс. При повторном заключении договора аванс желателен, но не обязателен. Мы учитываем сезонную специфику бизнеса судоходных компаний и, как правило, перед началом сезона навигации нашим постоянным клиентам выполняем работы без аванса.

Инженерная компания «НГКИ»

Компания «НГКИ» с 2003 года занимается градуировкой судовых, наземных и подземных резервуаров с использованием как традиционных методов, так и инновационной технологии лазерного сканирования. Компания обладает Аттестатом государственной аккредитации на поверку и градуировку резервуаров РОСС RU.0001.310507. Мы производим точную градуировку танков различного назначения на морских и речных, грузовых, пассажирских и военных судах. Специалистами компании многократно проверена процедура градуировки танков судов таких классов как Дунайский, Волгонепфть, СКПО, Наливная и других. По результатам градуировки перевозчики неоднократно обнаруживали «неучтенные», «исчезнувшие» объемы грузов и принимали нужные меры.



НГКИ

Контактная информация:

129626, Российская Федерация, г. Москва,
улица Павла Корчагина, д. 2

телефон: +7 (495) 602-01-00
электронная почта: 3d@ngce.ru

Офис инженерной компании «НГКИ»
работает с понедельника по пятницу
с 9:30 до 18:30 (по моск. времени) без перерыва.

Точная градуировка
судовых резервуаров
методом лазерного
3D сканирования



- 3D лазерное сканирование резервуаров;
- получение точечных моделей резервуаров;
- создание твердотельных 3D моделей резервуаров;
- градуировка при любых кренах и дифферентах судна;
- построение сечений резервуаров с шагом градуировки;
- составление градуировочных таблиц любых резервуаров.