

РУКОВОДСТВО

ПО ПРОВЕДЕНИЮ СКАНИРОВАНИЯ КОРПУСА СУДНА И ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

НД № 2-030101-047



Санкт-Петербург
2021

РУКОВОДСТВО ПО ПРОВЕДЕНИЮ СКАНИРОВАНИЯ КОРПУСА СУДНА И ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Руководство по проведению сканирования корпуса судна и оценке качества трехмерной модели, утверждено в соответствии с действующим положением и вступает в силу 1 декабря 2021 года.

Руководство предназначено для инспекторского состава, организаций, проводящих сканирование корпусов судов, и проектантов.

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ¹

(изменения сугубо редакционного характера в Перечень не включаются)

[Изменений нет]

¹ Изменения и дополнения, внесенные при переиздании или путем выпуска новых версий на основании циркулярных писем или изменений редакционного характера.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Требования, изложенные в настоящем Руководстве, распространяются на процедуры сканирования корпусов морских судов.

1.2 Целью процедуры сканирования является получение с помощью специализированных технических средств (измерительных приборов) расчетных моделей корпусов судов.

1.3 Сканирование может применяться в случае:

- необходимости проведения расчетов посадки, остойчивости и аварийной остойчивости в случае отсутствия/утраты необходимой проектной документации;
- необходимости подготовки документации проекта переоборудования судна в случае отсутствия/утраты необходимой проектной документации;
- необходимости подготовки расчетной модели судна для использования в бортовой программе для расчетов прочности, остойчивости и аварийной остойчивости;
- необходимости подготовки расчетной модели судна для использования береговым центром выполнения расчетов аварийной остойчивости и остаточной конструктивной прочности.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

2.1 Для целей применения настоящего Руководства принимаются следующие основные определения.

Базовая поверхность — поверхность или площадка, которая используется для установки измерительного прибора для проведения процедуры сканирования корпуса.

Измерительный прибор — специализированное техническое средство, применяемое при выполнении процедуры сканирования корпуса.

Контрольная точка — специализированная метка, помогающая определять точки, по которым можно совмещать смежные облака точек.

Облако точек — массив точечных замеров, характеризующих расстояние до отраженного объекта от измерительного прибора и, опционально, цвет объекта в замеренной точке. Облако точек является основой для подготовки модели объекта.

Оператор сканирования — лицо или организация, выполняющая сканирование корпуса судна.

Расчетная модель — цифровая модель корпуса судна, задаваемая в формате используемого для расчетов остойчивости программного обеспечения на основе данных, полученных в результате сканирования.

Сканирование — комплекс инженерных мероприятий, позволяющих с помощью специализированных измерительных приборов с требуемой точностью отобразить геометрические характеристики объекта в цифровом формате в виде трехмерной модели.

3 МЕТОДИКИ СКАНИРОВАНИЯ

3.1 Лазерное сканирование с помощью лидара

В основе метода лежит технология получения и обработки информации с помощью активной оптической системы. Лидар в автоматическом режиме излучает и принимает отраженный сигнал от объектов, находящихся в рабочей области, определяя при этом расстояние до отраженной точки. Полученное в результате облако точек предназначено для преобразования в трехмерную модель с помощью специализированного программного обеспечения.

3.2 Лазерное сканирование с помощью ручного лазерного дальномера

В основе метода лежит принцип, аналогичный описываемому в [3.1](#), за исключением того, что все измерения и перемещения измерительного прибора производятся оператором вручную. Полученные в результате замеров данные о геометрии используются для создания трехмерной модели в специализированном программном обеспечении.

3.3 Фотограмметрия

В основе метода лежит принцип получения трехмерной модели объекта, сформированной из массива фотографий всех поверхностей сканируемого объекта. Массив фотографий предназначен для преобразования в трехмерную модель с помощью специализированного программного обеспечения.

3.4 Альтернативные методики

Допускается проведение процедуры сканирования корпуса с применением других методик при условии их предварительного согласования с Регистром.

4 ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДПРИЯТИЯМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ТРЕХМЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ

4.1 Предприятие, осуществляющее трехмерное сканирование, должно иметь признание Регистром поставщика услуг с кодом 22007000.

5 ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИЧЕСКИМ СРЕДСТВАМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СКАНИРОВАНИЯ

5.1 Сканирование лидаром

Применяемый при сканировании лидар должен:

- .1 иметь технический паспорт с указанной точностью и характеристиками прибора;
- .2 быть исправен и соответствовать указанным в техническом паспорте характеристикам;
- .3 иметь возможность определять свое местоположение и ориентацию в пространстве для точного совмещения облака точек по результатам съемки с нескольких позиций;
- .4 обеспечивать передачу облака точек на компьютер в формате, позволяющем с помощью специализированного программного обеспечения формировать трехмерную модель, точно отражающую геометрию обводов корпуса судна.

5.2 Сканирование ручным лазерным дальномером

Применяемый при сканировании ручной лазерный дальномер должен:

- .1 иметь технический паспорт с указанной точностью и характеристиками прибора;
- .2 быть исправен и соответствовать указанным в техническом паспорте характеристикам;
- .3 иметь функцию измерения собственных углов наклона;
- .4 иметь дальность измерения, достаточную для проведения замеров в имеющихся условиях;
- .5 иметь вспомогательные средства точной фиксации на базовой поверхности (штативы, штативные головки точной подстройки и др.).

5.3 Сканирование методом фотограмметрии

Применяемое при сканировании оборудование должно соответствовать следующим требованиям:

- .1 камера и применяемый объектив должны быть исправны и откалиброваны;
- .2 метки должны отвечать требованиям программного обеспечения, которое используется для постобработки полученного массива фотографий.

5.4 Альтернативные способы сканирования

Требования к техническим средствам, используемым при альтернативных способах сканирования, определяются Регистром.

6 ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ СКАНИРОВАНИЯ И КОЛИЧЕСТВУ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 Точность сканирования

6.1.1 При сканировании корпуса используемое средство измерения должно обеспечивать точность измерений по всем координатным осям в пределах значений, приведенных в [табл. 6.1.1](#).

Таблица 6.1.1

Координатная ось	Обозначение	Относительно плоскостей судна	Допускаемая погрешность измерений
ось абсцисс	X	От плоскости мидель-шпангоута или кормового перпендикуляра	$\pm 5 \text{ мм}^1 / 0,03 \%$ от длины судна ¹
ось ординат	Y	От ДП	$\pm 50 \text{ мм} / 0,02 \%$ от ширины судна
ось аппликат	Z	От ОП	$\pm 10 \text{ мм} / 0,01 \%$ от высоты борта

¹ На каждые 10 м длины корпуса судна.

6.1.2 При сканировании корпуса методом фотограмметрии точность измерений может быть оценена на этапе выполнения оценки качества результатов в соответствии с [9.1](#).

6.2 Количество измерений

6.2.1 При сканировании с применением лидара требуется производить измерения с такого количества точек, которое минимально необходимо для получения полной модели корпуса судна.

6.2.2 При использовании ручного лазерного дальномера замер каждой точки должен выполняться не менее трех раз с осреднением для уменьшения погрешности, вызванной ручной работой оператора.

6.2.3 При использовании фотограмметрии необходимо обеспечить сканирование всей поверхности корпуса судна так, чтобы соседние снимки перекрывали друг друга, как минимум, на 60 % по горизонтали и 40 % по вертикали.

7 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЦЕДУРЕ СКАНИРОВАНИЯ

7.1 Наличие судовой технической документация

7.1.1 Во время проведения процедуры сканирования у оператора должна быть в свободном доступе, как минимум, следующая судовая документация, относящаяся к сканируемому судну:

.1 чертеж общего расположения или любой другой чертеж судна, содержащий план судна по палубам и боковой вид, а также данные о главных размерениях;

.2 информация об устойчивости судна.

7.2 Требования к объему процедуры сканирования

7.2.1 При сканировании с использованием лидара или методом фотограмметрии корпус судна должен быть отсканирован с обоих бортов, носа, кормы и днища. При этом, если корпус установлен на площадке сканирования с креном/дифферентом, значения крена/дифферента должны быть измерены для выполнения правильной ориентации в пространстве облака точек корпуса, полученного в результате сканирования.

7.2.2 При сканировании с использованием ручного лазерного дальномера допускается производить сканирование только одного борта корпуса судна. При этом, если корпус установлен на площадке сканирования с креном/дифферентом, значения крена/дифферента должны быть измерены для внесения соответствующих поправок к положению координат точек поперечных сечений в пространстве, относительно базовой поверхности. Если судно имеет корпус, несимметричный относительно диаметральной плоскости, сканирование должно быть произведено с обоих бортов.

7.3 Требования к площадке проведения сканирования

7.3.1 Базовая поверхность площадки проведения сканирования должна быть очищена от посторонних предметов (оборудование, строительные материалы, мусор и др.), которые могут вносить искажения в показания измерительных приборов или препятствовать правильной их установке или свободному перемещению.

7.3.2 Базовая поверхность площадки проведения сканирования должна быть неподвижна во избежание внесения искажений в результаты сканирования из-за возможных колебаний измерительного прибора.

7.4 Требования к внешним условиям при проведении сканирования.

7.4.1 Сканирование корпуса судна допускается проводить как в помещении, так и под открытым небом.

7.4.2 В случае, если площадка для сканирования находится под открытым небом, запрещается проводить процедуру сканирования в дождь, снег, туман, град, сильный ветер, заливание волнами и при других погодных условиях, которые могут вносить искажения в показания измерительных приборов, препятствовать их надежному размещению, а также нанести им повреждения.

7.4.3 Запрещается проводить процедуру сканирования одновременно с проведением ремонтных работ, связанных с выделением пыли, аэрозолей, искрообразованием, создающих задымление или яркие световые вспышки.

7.4.4 В случае проведения сканирования при недостаточном освещении или в ночное время оператор должен быть полностью уверен, что такие условия никаким негативным образом не повлияют на получаемые результаты измерений, либо должен обеспечить достаточное для целей процедуры искусственное освещение.

7.4.5 Сканирование должно проводиться при температуре окружающего воздуха, соответствующей диапазону рабочих температур измерительных приборов.

7.5 Требования к сканируемому корпусу

7.5.1 Во время проведения процедуры сканирования никакие элементы наружной обшивки корпуса не должны быть демонтированы.

7.5.2 В случае, если планируются ремонтные или модернизационные работы с корпусом судна, касающиеся изменения обводов корпуса, сканирование должно производиться после завершения таких работ и окраски корпуса.

7.5.3 Во время проведения процедуры сканирования наружная поверхность корпуса судна должна быть сухой, чтобы посторонние среды не могли искажать показания измерительных приборов.

7.5.4 Корпус судна должен быть максимально возможно очищен от обрастания для исключения искажения обводов корпуса.

7.5.5 Наружная поверхность корпуса судна должна быть освобождена от ремонтного оборудования: лесов, люлек, тросов, кабелей и т.д.

7.5.6 Якорные цепи и якоря должны либо находиться на штатном месте в якорных клюзах/нишах или быть полностью демонтированы.

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СКАНИРОВАНИЯ

8.1 Форма представления результатов

8.1.1 Результаты сканирования имеют следующий вид:

- .1 при сканировании с использованием лидара — облако точек в специализированном программном обеспечении, формирующее модель судна;
- .2 при сканировании с использованием ручного лазерного дальномера — перечень координат поперечных сечений корпуса с данными о расположении каждого сечения по длине судна;
- .3 при использовании фотограмметрии — модель поверхности корпуса судна, полученная в результате преобразования в специализированном программном обеспечении.

8.1.2 Полученные по результатам сканирования облака точек или координаты плоских сечений должны быть преобразованы в трехмерную модель.

8.1.3 После проведения процедуры должен быть подготовлен протокол сканирования, содержащий следующую информацию:

- .1 данные об организациях и лицах, ответственных за процедуры сканирования и оценку качества;
- .2 тип судна, его название и заводской номер корпуса судна;
- .3 дата и место проведения процедуры сканирования корпуса судна;
- .4 внешние условия проведения сканирования, включающие данные о площадке проведения сканирования (открытая/закрытая), гидрометеорологических условиях, температуре воздуха;
- .5 данные о положении сканируемого корпуса в пространстве: крен, дифферент;
- .6 примененный метод сканирования, а в случае, если использовались несколько методов, то все использованные методы с указанием частей корпуса судна, для сканирования которых они применялись;
- .7 технические паспорта использованных в процедуре сканирования измерительных приборов, содержащие данные об их точности, а также, если применимо, данные о поверке измерительных приборов;
- .8 копию Свидетельства о признании (форма 7.1.4.2) организации, проводившей сканирование.

Рекомендуемая форма протокола приведена в [приложении 1](#).

9 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СКАНИРОВАНИЯ

9.1 Оценка качества результатов

9.1.1 Оценка качества результатов сканирования производится на основе разработанной по ним расчетной модели корпуса судна.

9.1.2 При оценке качества результатов должно быть произведено сравнение значений параметров, полученных на основании расчетной модели, со значениями этих параметров, приведенными в эксплуатационной документации по остойчивости.

9.1.3 Основными параметрами, по которым производится оценка качества результатов сканирования являются:

- .1 d — осадка, м;
- .2 tr — дифферент, м;
- .3 LCB — абсцисса центра величины, м;
- .4 KMT — аппликата метацентра, м.
- .5 плечо диаграммы статической остойчивости, м.

9.1.4 Перечисленные в 9.1.3 параметры должны сравниваться при одинаковых значениях массового водоизмещения (при одинаковых значениях плотности воды).

9.1.5 Расхождение значений параметров, полученных на основании расчетной модели судна, со значениями, приведенными в эксплуатационной документации по остойчивости, не должно превышать меньшего из значений, приведенных в [табл. 9.1.5](#).

Таблица 9.1.5

Параметр	Допускаемое расхождение
d , м	± 50 мм / 1 % от осадки судна
tr , м	± 100 мм / 2 % от осадки судна
LCB , м	± 100 мм / 1 % от значения LCB , отсчитываемого от кормового перпендикуляра
KMT , м	± 50 мм / 1 % от значения KMT
Плечо остойчивости формы, м	± 50 мм / 5 %

Примечание. Допускается в качестве вводного параметра для оценки качества принимать осадку судна, а в качестве контролируемого параметра массовое водоизмещение. При этом допускаемая погрешность по массовому водоизмещению не должна превышать ± 1 %.

9.2 Представляемая в Регистр документация

9.2.1 Перед использованием расчетной модели судна в Регистр должен быть представлен отчет о сканировании, содержащий следующую информацию:

- .1 данные об организациях и лицах, ответственных за процедуры сканирования и оценку качества;
- .2 тип судна, его название и заводской номер корпуса судна;
- .3 дата и место проведения процедуры сканирования корпуса судна;
- .4 внешние условия проведения сканирования, включающие данные о площадке проведения сканирования (открытая/закрытая), гидрометеорологических условиях, температуре воздуха;
- .5 данные о положении сканируемого корпуса в пространстве: крен, дифферент;
- .6 примененный метод сканирования, а в случае, если использовались несколько методов, то все использованные методы с указанием частей корпуса судна, для сканирования которых они применялись;
- .7 технические паспорта использованных в процедуре сканирования измерительных приборов, содержащие данные об их точности, а также, если применимо, данные о поверке измерительных приборов.

.8 данные о программном обеспечении, используемом для процедуры оценки качества, информация о наличии Свидетельства о типовом одобрении Регистра;

.9 результаты оценки качества в виде сравнительных таблиц гидростатических характеристик и плеч остойчивости формы из судовой документации по остойчивости с гидростатическими характеристиками и плечами остойчивости формы, рассчитанными на основе полученной в ходе сканирования расчетной модели корпуса;

.10 сравнение полученных результатов с допускаемыми Регистром значениями, а также выводы по проведенной оценке качества;

.11 протокол сканирования, заверенный подписью участников сканирования и печатью организации, проводившей сканирование.

9.3 В случае положительных результатов рассмотрения представленной документации Регистр подтверждает возможность использования полученной в ходе сканирования модели для проведения расчетов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРОТОКОЛ ПРОВЕДЕНИЯ СКАНИРОВАНИЯ КОРПУСА СУДНА

Место проведения сканирования:

Дата проведения сканирования:

1 СУДНО

Название	
Проект	
Тип и назначение	
Место, год постройки	
Строительный номер	
Судовладелец, порт приписки	
Номер Регистра	
Номер ИМО	
Длина габаритная LOA , м	
Длина между перпендикулярами LBP , м	
Ширина B , м	
Высота борта D , м	
Осадка расчетная d , м	

2 ОПЕРАТОР СКАНИРОВАНИЯ

Наименование организации		
Номер свидетельства Регистра		
	Должность	ФИО
Руководитель сканирования		
Участник		
...		

3 УСЛОВИЯ СКАНИРОВАНИЯ

Время проведения сканирования	начало:	окончание:
Тип площадки:	открытая / закрытая / частично закрытая	
Температура воздуха	°C	
Осадки	нет / изморось / дождь / снег / град	
Положение корпуса судна		дифферент, град.
		крен, град.

4 ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

Метод сканирования	лазерное сканирование / фотограмметрия /иной
Тип измерительного прибора	лидар / лазерная рулетка / фотоаппарат / иной
Марка и модель измерительного прибора	
Точность измерения	
Свидетельство/сертификат на измерительный прибор	

5 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

--

6 ПОДПИСИ УЧАСТНИКОВ СКАНИРОВАНИЯ

	Подпись	ФИО
Руководитель сканирования		
Участник		

Российский морской регистр судоходства

**Руководство по проведению сканирования корпуса судна и оценке качества
трехмерной модели**

ФАУ «Российский морской регистр судоходства»
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8
www.rs-class.org/ru/