Научная статья
Original article
УДК 629.12

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ TRACKER LEICA ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАЗМЕРОВ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

VALUATION OF THE EFFICIENCY OF USING TRACKER LEICA WHEN MEASURING THE DIMENSIONS OF HULL STRUCTURES

Тишинин Максим Николаевич, студент 4 курса факультета «Кораблестроение», ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»
Елисеева Ольга Владимировна, старший преподаватель кафедры «Кораблестроение», ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»
Научный руководитель: Дзюнин Георгий Робертович, старший преподаватель кафедры «Кораблестроение», ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

Tishinin Maxim Nikolaevich, 4th year student of the Faculty of Shipbuilding, FSAOU VO "Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov"
Eliseeva Olga Vladimirovna, Senior Lecturer of the Shipbuilding Department FSAOU VO "Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov"
Scientific supervisor: Dzyunin Georgy Robertovich, senior lecturer of the Department of Shipbuilding, FSAOU VO "Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov"

Аннотация: Целью настоящей работы служит оценка и сравнение эффективности ручного метода измерения сварочных деформаций и с использованием роботизированного электронно-оптического прибора Tracker Leica на предприятиях судостроительной военной промышленности. Произведена оценка трудоемкости и точности измерения выполнения замеров, как для ручного, так и электронно-оптического способа выполнения радиального замера цилиндрической конструкции.

Abstract: The purpose of this work is to evaluate and compare the effectiveness of the manual method of measuring welding deformations and using the Tracker Leica robotic electron-optical device at the enterprises of the shipbuilding military industry. The labor intensity and accuracy of measuring the performance of measurements were assessed, both for manual and electron-optical methods for performing radial measurement of a cylindrical structure.

Ключевые слова: трекер, лазер, судостроение, судометрика, метрология, проверочные работы, сварочные деформации, чистый размер.

Key words: tracker, laser, shipbuilding, naudometrics, metrology, verification work, welding deformations, net size**.**

В настоящее время, во время постройки подводной лодки для замера обечайки применяются инструменты, такие как: измерительная рулетка, чертилка, струна стальная, ватерпас, строительный отвес. Проведение работ такими инструментами имеет следующие недостатки:

- отклонение от действительного размера из-за плохого натяжения струны и рулетки;

- погрешность человеческого глаза;

- возведение строительных лесов;

- малая производительность.

Целью работы служит найти метод, позволяющий производить замеры более точно и с высокой производительностью.

1. Описание и выбор электронно-оптического прибора

Мировая измерительная техника сделала резкий скачок в сторону цифровых трехмерных измерений с большим объемом программного обеспечения по типовым геометрическим задачам. Роботизированные электронно-оптические приборы способны с высокой точностью выдавать информацию о геометрии сложных объемных тел.

Лазерный трекер представляет собой портативную координатно-измерительную машину (ПКИМ), в которой лазерный луч используется для точного измерения и обследования свойств объекта в трехмерном пространстве. Лазерный луч направляется на сферически закрепленный катафот (SMR) для измерения углов с двух механических осей трекера: оси азимута и оси поднятия (зенита). Эти данные затем объединяются с расстоянием до лазера, и производится расчет координат X, Y и Z.

Также с помощью оборудования осуществляется геометрический контроль при сборочно-монтажных операциях: замеры радиального отклонения корпуса, изготовление и установка отдельных корпусных конструкций, монтаж оборудования и других работы, требующие повышенной точности [1].

Кроме этого, лазерные трекеры незаменимы при установке и проверке контрольных площадок. Приборы позволяют проконтролировать правильность разбивки стапеля и нанесения базовых и контрольных линий внутри и снаружи судна.

Таблица 1 - Сравнение трекеров

№	Трекеры		
1	FARO Laser Tracker	Габариты 316x158x214 мм Масса 4,8 кг	Точность измерения угла ±0,02″, расстояния ±16 мкм + 8мкм/м Время измерения: 1000точек/с

2	API Radian	Габариты 177x177x355 мм Масса 9 кг	Точность измерения угла ±0,018″, расстояния ±10 мкм + 5мкм/м Время измерения: 1000точек/с
3	Leica AT402	Габариты 290x221x188 мм Масса 7.3 кг	Точность измерения угла ±0,01″, расстояния ±15 мкм + 6 мкм/м Время измерения: 10точек/с
4	Leica ATS600	Габариты 258x239x477 мм Масса 13 кг	Точность измерения угла ±0,019″, расстояния ±15 мкм + 6 мкм/м Время измерения: 1000точек/с

Мы видим, что трекеры имеют множество моделей, различающихся по разным параметрам. Пользователь может настраивать также скорость и точность измерений согласно своим требованиям: от быстрых замеров со скоростью 1м^2/10с до высокоточного сканирования, когда сканирование одного квадратного метра проходит за 135 секунд.



Рисунок 1 - Leica AT402

Внедрение трекеров на судостроительных предприятиях продвигается медленно. Это связано с большими затратами для покупки оборудования, подготовки высококвалифицированных специалистов и их оплаты труда.

2. Проверка радиального отклонения обечайки ручным способом.

При входном контроле секции, перед и после разрезки монтажного стыка проверяют радиальные отклонения обечайки. Для этого необходимо:

1. Установить два кронштейна для натягивания струны.

2. Найти координаты оси прочного корпуса.

3. Натянуть стальную струну.

4. Нанести точки замеров по 16 или 48 образующим на поверхности основного корпуса.

5. Нанести на струне точку плоскости шпангоута, в котором будут осуществляться измерения.

6. Произвести замеры радиального отклонения по 16 или 48 образующим.

Для примера выполнения работы была взята обечайка, показанная на рисунке 2, и выполнены замеры по 16 равноудаленным радиальным образующим.

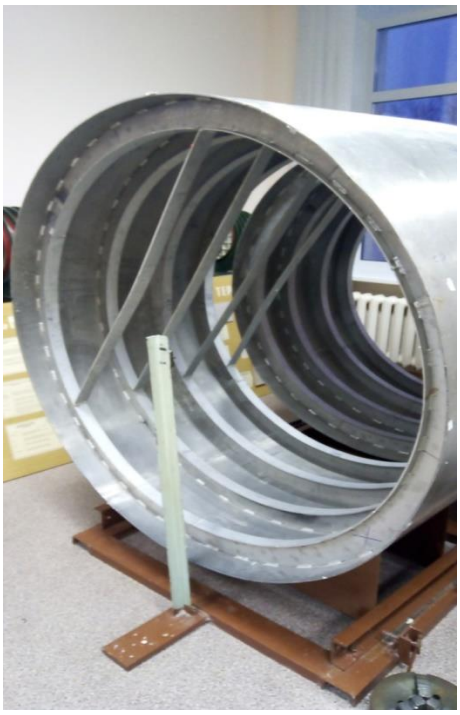


Рисунок 2 - Обечайка

Выполнив измерения, получили результат замера обечайки ручным способом.

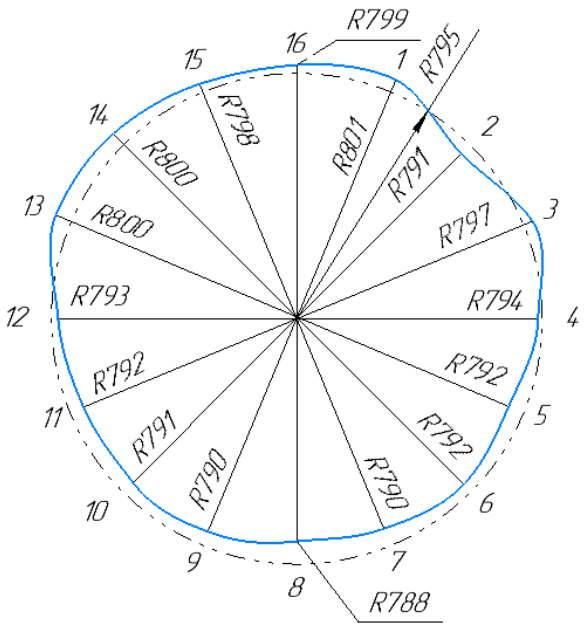


Рисунок 3 - Результат выполнения работы ручным методом

Таблица 2 – Результат измерения

№ образующей	1	2	3	4	5	6	7	8
Замер, мм	801	791	797	794	792	792	790	788

Окончание таблицы 2

№ образующей	9	10	11	12	13	14	15	16
Замер, мм	790	791	792	793	800	800	798	799

Исходя из результата, можно сделать вывод, что нитка, натянутая по 12 и 4 образующим, была плохо натянута. Плохое натяжение рулетки также плохо сказалось на замере.

3. Проверка радиального отклонения обечайки трекером.

Работаем с трекером Leica AT402 в программе Spatial Analyzer:

- Перед началом работы выставляем прибор в горизонтальное положение с помощью регулирующих гаек.



Рисунок 4 - Трекер Leica AT402

- Задаем базовые плоскости и находим ось ОК, смотри рисунок 5.

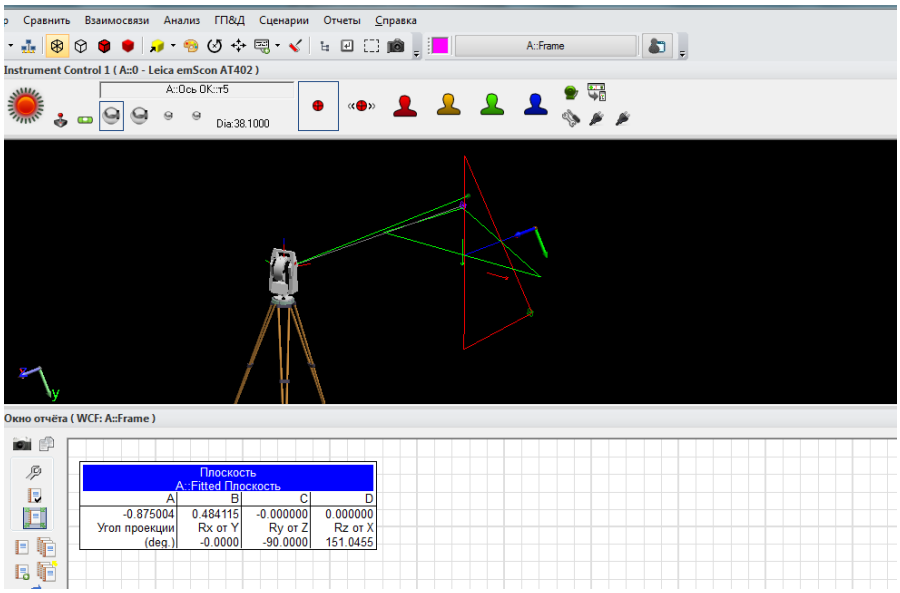


Рисунок 5 - Построение оси ОК

- С помощью отражателя измеряем 16 точек;

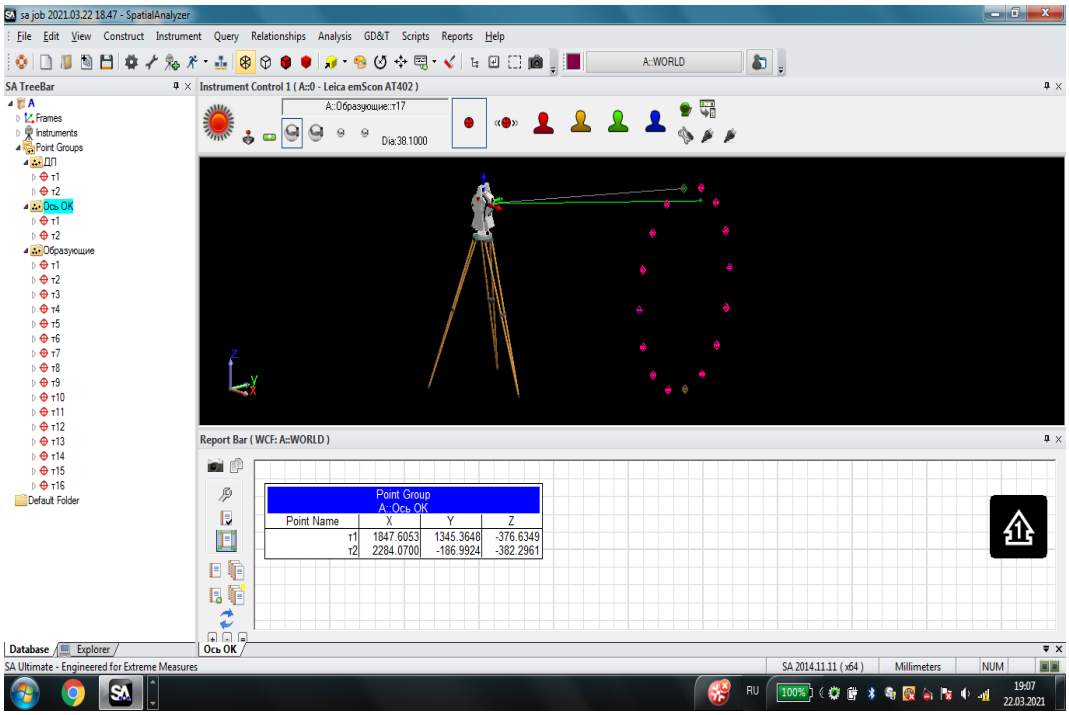


Рисунок 6 – Измерение трекером

- Задаем ось ОК началом цилиндрической системы координат и получаем результаты радиального отклонения обечайки;

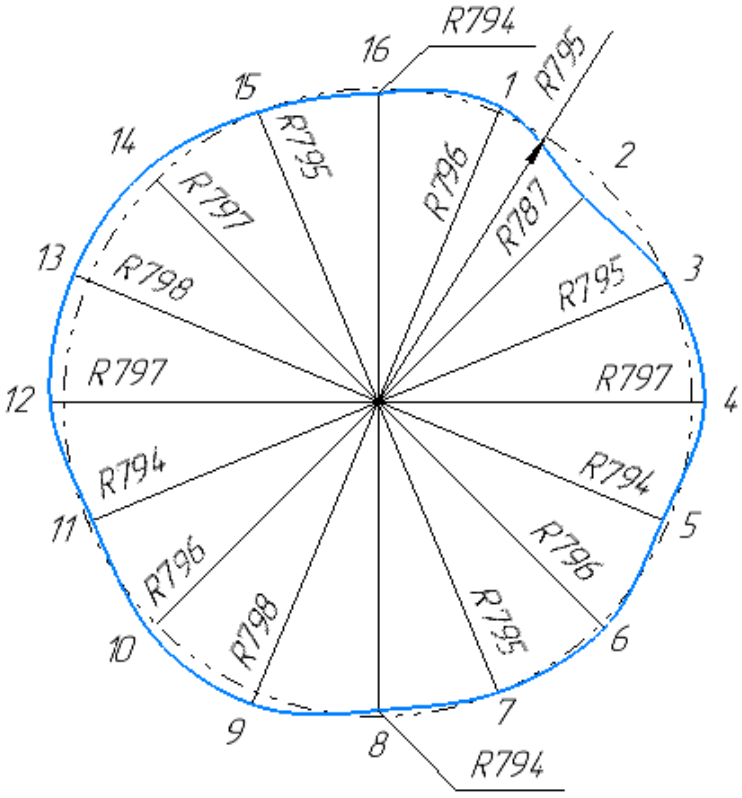


Рисунок 7 - Результат выполнения работы трекером

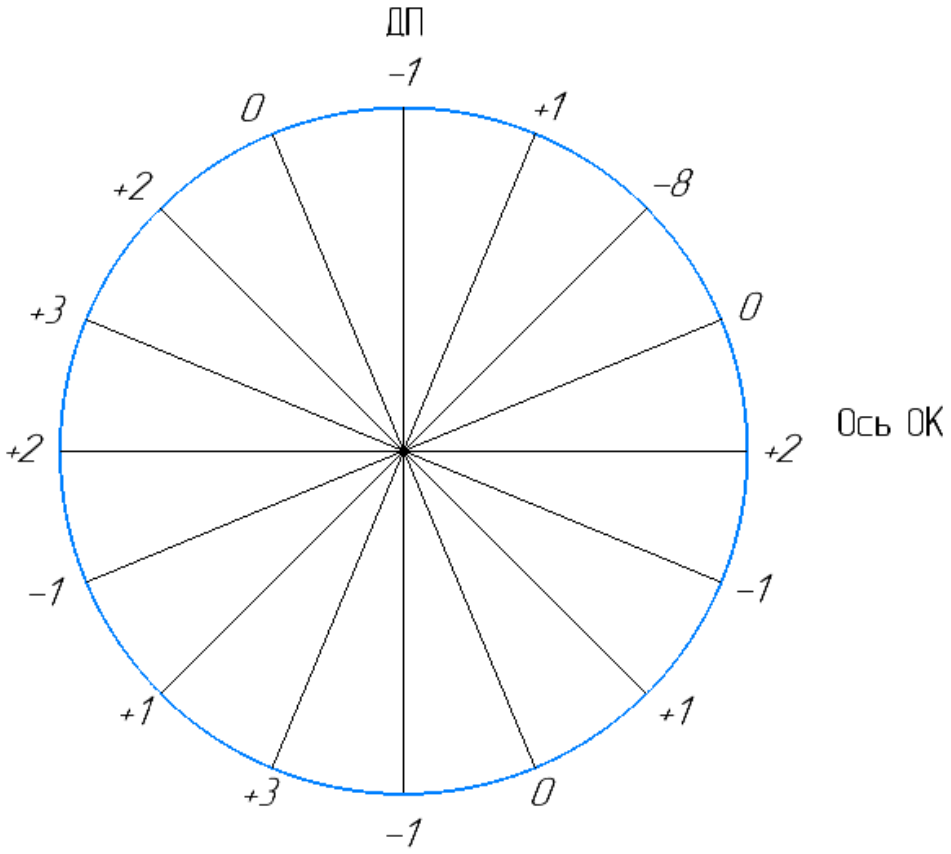


Рисунок 8 - Отклонения от номинального размера

Таблица 3 – Результат измерения

№ образующей	1	2	3	4	5	6	7	8
Замер, мм	796	787	795	797	794	796	795	794

Окончание таблицы 3

№ образующей	9	10	11	12	13	14	15	16
Замер, мм	798	796	794	797	798	797	795	794

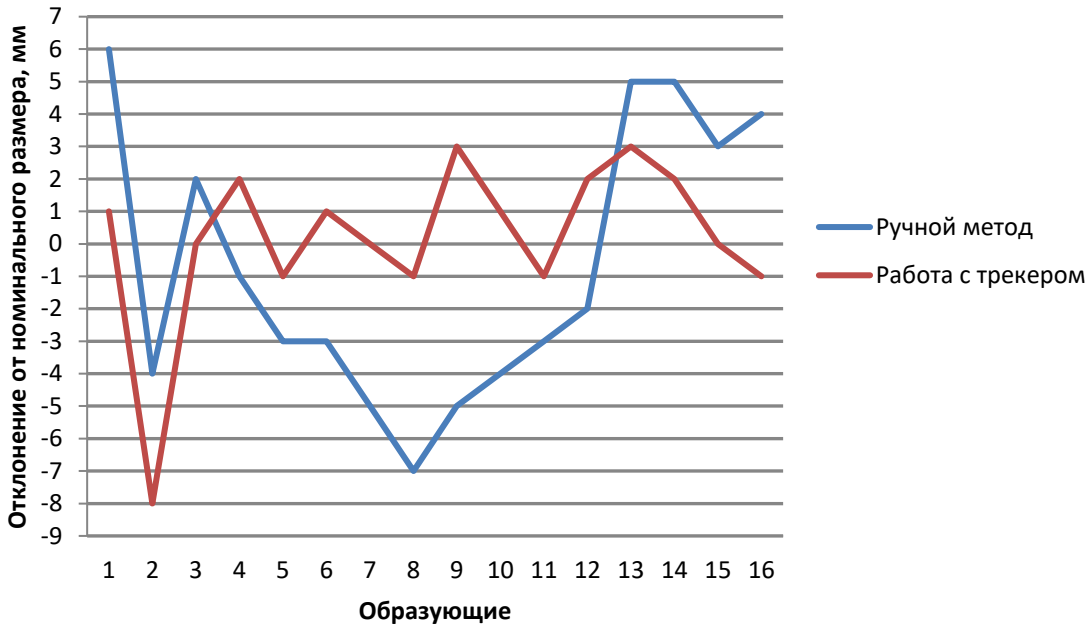


Рисунок 9 – Сравнение отклонений от номинального размера

Погрешность измерения электронно-оптическим способом намного меньше погрешности измерения ручным методом. Можно сделать вывод, что на второй образующей присутствует бухтиноватость с отклонением 8 мм.

4. Расчет трудоемкости.

Произведем расчет трудоемкости для замера радиального отклонения на одном шпангоуте [2]. Нормы времени на единицу работы были предоставлены из бюро централизованной разработки нормативов ОНОТиЗ «Нормативы времени на проверочные работы» инв. №56.31-1.12.518-2020 АО «ПО «Севмаш».

Для расчета воспользуемся формулой:

$$T = t_i \cdot N,$$

где T – суммарная трудоемкость, нормо-час;

t_i – норма времени на единицу работы «i» вида, определяемая по нормативам, нормо-час;

N – количество выполняемых или подлежащих выполнению работ «i» вида.

Для ручного метода:

1. Нанесение точки замеров

$$T_{точки} = t_1 \cdot N$$

t_1 – норма времени для нанесения точки, равная 0,033 н.ч.

N – количество точек

$$T_{точки} = 0{,}033 \cdot 21 = 0{,}693 \text{ н.ч.}$$

2. Замер расстояния рулеткой

$$T_{замер} = t_2 \cdot N$$

t_2 – норма времени для замера рулеткой, равная 0,034 н.ч.

N – количество замеров

$$T_{замер} = 0{,}034 \cdot 16 = 0{,}544 \text{ н.ч.}$$

3. Установка кронштейна для струны

$$T_{кронш т} = t_3 \cdot N$$

t_3 – норма времени на установку кронштейна, равная 0,456 н.ч.

N – количество кронштейнов

$$T_{кронш т} = 0{,}456 \cdot 2 = 0{,}912 \text{ н.ч.}$$

4. Натягивание струны по координатам оси ОК

$$T_{струна} = t_4 \cdot N$$

t_3 – норма времени для натягивания струны, равная 0,172 н.ч.

N – количество струн

$$T_{струна} = 0{,}172 \cdot 1 = 0{,}912 \text{ н.ч.}$$

Итоговая трудоемкость для замера ручным методом:

$$T = T_{замер} + T_{струна} + T_{кронш т} + T_{точки}$$

$$T = 0{,}544 + 0{,}344 + 0{,}912 + 0{,}693 = 2{,}49 \text{ н.ч.}$$

Для замера с помощью трекера:

1. Установка и демонтаж оборудования

$$T_{уст.дем.} = t_1 \cdot N$$

t_1 – норма времени для установки и демонтажа, равная 0,46 н.ч.

N – количество установок и демонтажа

$$T_{уст.дем.} = 0{,}46 \cdot 2 = 0{,}92 \text{ н.ч.}$$

2. Создание локально-опорной сети

$$T_{баз} = t_2 \cdot N$$

t_2 – норма времени для замера 1 точки, равная 0,06н.ч.

N – количество точек

$$T_{баз} = 0{,}06 \cdot 6 = 0{,}36 \text{ н.ч.}$$

3. Проведение измерений

$$T_{точки} = t_3 \cdot N$$

t_3 – норма времени на проведение измерения, равная 0,04 н.ч.

N – количество точек

$$T_{точки} = 0{,}04 \cdot 16 = 0{,}64 \text{ н.ч.}$$

Итоговая трудоемкость для замера трекером:

$$T = T_{уст.дем.} + T_{баз} + T_{точки}$$

$$T = 0{,}92 + 0{,}36 + 0{,}64 = 1{,}92 \text{ н.ч}$$

Таким образом, выполнение радиального замера трекером в 1,29 раз быстрее. Можно добавить, что для выполнения работ с трекером достаточно одного специалиста, а для ручного метода необходимо минимум два судовых проверщика.

5. Заключение

Внедрение операций контроля на этапах изготовления конструкций и сборки позволяет контролировать правильность сборки и изготовления, так и на ранних стадиях находить несоответствия, нарушения, выявлять брак, что в дальнейшем положительно сказывается на качестве продукции в целом. Для производства применение проверочных операций, включающих в себя использование электронно-оптических приборов, означает снижение трудоемкости рабочего процесса и повышение качества. Измерительный прибор позволяет осуществлять необходимые замеры бесконтактным способом. Точность замера трекером намного выше, чем ручным методом.

Список литературы

1. Медведева В.Е. Технологические аспекты обеспечения размерного пространственного контроля при постройке судов, кораблей и морской техники на АО «По «Севмаш»// Научно-технические ведомости Севмашвтуза – 2019. №2 – с. 35.
2. Голота Г.Ф. Техническое нормирование судокорпусных и судомонтажных работ. Справочник. – Ленинград: Судостроение, 1987.
3. Л.Ц. Адлерштейн, В.Ф. Соколов «Справочник по судовым разметочным и проверочным работам», Ленинград: Судостроение 1988.
4. Тахеометр это: что такое, виды, принцип работы, как пользоваться [Электронный ресурс]. URL: https://lektsii.org/11-71065.
5. Дзюнин Г.Р. «Обзор существующих методов и средств измерений геометрии корабельных конструкций в АО «ПО «Севмаш»»/ Г.Р. Дзюнин, Д.В. Кузьмин // Молодой ученый. 2019. № 37 (275). С. 93-98.
6. Технология судостроения. /Под общей редакцией В.Д. Мацкевича. – Л.: Судостроение.

List of literature

1. Medvedeva V.E. Technological aspects of ensuring dimensional spatial control during the construction of ships, ships and marine equipment at JSC “Po “Sevmash”// Scientific and technical bulletin of Sevmashvtuz – 2019. No. 2 – p. 35.
2. Golota G.F. Technical rationing of ship–hull and ship-mounting works. Guide. – Leningrad: Shipbuilding, 1987.
3. L.C. Adlerstein, V.F. Sokolov “Handbook of ship marking and verification works”, Leningrad: Shipbuilding 1988.
4. Total station is: what is, types, principle of operation, how to use [Electronic resource]. URL: https://lektsii.org/11-71065
5. Dzyunin G.R. “Review of existing methods and means of measuring the geometry of ship structures in JSC “PO “Sevmash””/ G.R. Dzyunin, D.V. Kuzmin // Young scientist. 2019. No. 37 (275). Pp. 93-98.

6. Shipbuilding technology. /Under the general editorship of V.D. Matskevich. – L.: Shipbuilding.

© Тишинин М.Н., Елисеева О.В., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №7/2022

Для цитирования: Тишинин М.Н., Елисеева О.В. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ Tracker Leica ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАЗМЕРОВ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №7/2022