

УДК 005.933.1:629.5.023  
EDN: UXYGIA

М.С. Мироненко  
АО «Средне-Невский судостроительный завод», Санкт-Петербург, Россия

## ЦИФРОВОЕ СВЕДЕНИЕ БЛОКОВ: ДИСТАНЦИОННОЕ ПРИЧЕРЧИВАНИЕ ПРИПУСКОВ

**Объект и цель научной работы.** Статья посвящена исследованию метода цифрового сведения блоков с использованием дистанционного причерчивания припусков в судостроении. Основная цель работы – решение проблемы высокой трудоемкости и недостаточной точности традиционных методов сборки корпусных секций за счет внедрения современных технологий и цифрового моделирования.

**Материалы и методы.** В исследовании применялись высокоточные инструменты, такие как роботизированный тахеометр, сферический отражатель BRR 1.5", геодезические марки и специализированное ПО Spatial Analyzer. Метод включал тахеометрическую съемку, цифровое сведение блоков, дистанционное причерчивание припусков и контроль монтажа секций. Особое внимание уделялось анализу отклонений от проектных параметров и прогнозированию потенциальных проблем на ранних этапах строительства.

**Основные результаты.** Внедрение метода позволило сократить время монтажа секций на 30 % (с 48 до 34 ч) и повысить точность стыковки с  $\pm 8$  до  $\pm 3$  мм. Количество необходимых исправлений уменьшилось с четырех-пяти до одного раза. Результаты демонстрируют значительное повышение эффективности производственного процесса за счет снижения влияния человеческого фактора и раннего выявления отклонений.

**Заключение.** Метод цифрового сведения блоков с дистанционным причерчиванием обладает высокой практической ценностью для судостроительных предприятий, особенно в условиях цифровизации производства. Данный метод обеспечивает точность, сокращение сроков сборки и минимизацию ошибок, что делает его перспективным для широкого внедрения в отрасли. Теоретическая ценность исследования заключается в обосновании комбинации тахеометрической съемки и цифрового моделирования для контроля геометрии судовых конструкций.

**Ключевые слова:** судостроение, дистанционное причерчивание, тахеометрическая съемка, цифровое моделирование, размерный контроль, точность сборки.

*Автор заявляет об отсутствии возможных конфликтов интересов.*

UDC 005.933.1:629.5.023  
EDN: UXYGIA

M.S. Mironenko  
JSC Sredne-Nevesky Shipyard, St. Petersburg, Russia

## DIGITAL ASSEMBLING OF UNITS: REMOTE TRACING OF ALLOWANCES

**Object and purpose of research.** This paper discusses digital method of shipbuilding units through remote tracing of allowances. The main purpose of this study was to overcome high man-hours and insufficient accuracy of conventional unit erection methods through introduction of modern technologies and digital simulation.

**Materials and methods.** The study was performed with high-precision tools, like robotic tachymeter, spherical reflector BRR 1.5", surveying marks and dedicated *Spatial Analyzer* software. The method included tachymetric surveying, digital erection of units, remote tracing of allowances and erection process control. Special care was taken to analyze deviations from design parameters and predict potential difficulties at early construction stages.

**Main results.** The method suggested by the author yielded 30% saving in section assembling time (from 48 hours to 34 hours) and increase in assembling accuracy from  $\pm 8$  mm to  $\pm 3$  mm. The number of required corrections reduced from 4-5 to 1.

*Для цитирования:* Мироненко М.С. Цифровое сведение блоков: дистанционное причерчивание припусков. Труды Крыловского государственного научного центра. 2025; 4(414): 125–130.

*For citations:* Mironenko M.S. Digital assembling of units: remote tracing of allowances. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2025; 4(414): 125–130 (in Russian).

The results confirm considerable increase in manufacturing process efficiency through lower number of human errors and early detection of discrepancies.

**Conclusion.** The method of digital unit assembling with remote tracing of tolerances is extremely valuable for shipbuilding practice, especially in the light of transition to digital production techniques. This method ensures accurate and fast erection of hull units with minimum errors, which makes it promising for wide application in shipbuilding practice. The study is valuable from theoretical standpoint as well: it justifies combined application of tachymetric surveying and digital simulation for geometry control of ship structures.

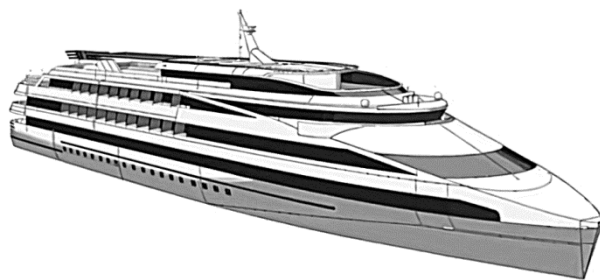
**Keywords:** shipbuilding, remote tracing, tachymetric surveying, digital simulation, dimension control, assembling accuracy. *The author declares no conflicts of interest.*

## Введение

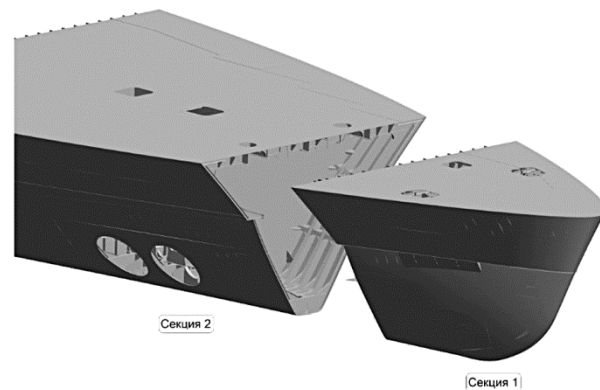
### Introduction

Современное судостроение сталкивается с возрастающими требованиями к точности и скорости сборки корпусных конструкций. Традиционные методы монтажа, основанные на ручном причерчивании и подгонке секций, имеют ряд существенных ограничений: высокую трудоемкость, субъективность измерений и значительные временные затраты.

В условиях жесткой конкуренции и активной цифровизации производства особую актуальность приобретают технологии, позволяющие оптимизировать эти процессы без ущерба для качества. Перспективным направлением модернизации стало



**Рис. 1.** Пассажирское судно проекта А45.90-2  
**Fig. 1.** Passenger vessel (Project A45.90-2)



**Рис. 2.** Секция 1 и секция 2  
**Fig. 2.** Hull units 1 and 2

внедрение дистанционного причерчивания с использованием современных геодезических инструментов. Наибольший практический интерес представляет комбинация тахеометрической съемки с цифровым моделированием, что позволяет достичь принципиально нового уровня точности контроля геометрии судовых блоков.

В данной статье рассматриваются практические аспекты внедрения тахеометрических методов при сборке судовых конструкций. Основное внимание уделено:

- методике проведения высокоточных измерений с использованием тахеометров;
- дистанционному причерчиванию секции;
- перспективам интеграции метода в цифровые производственные цепочки.

Практическая значимость исследования подтверждена результатами внедрения технологии на судостроительном предприятии, где достигнуто сокращение времени монтажа на 30 % при повышении точности стыковки до  $\pm 3$  мм. Полученные данные представляют ценность для широкого круга инженерно-технических специалистов в области судостроения и смежных отраслей машиностроения.

## Исходные данные

### Input data

Цифровое сведение блоков с дистанционным причерчиванием проводилось на пассажирском судне проекта А45.90-2 (рис. 1).

В рамках исследования выполнялась работа с носовыми секциями (рис. 2).

Для проведения работ использовались роботизированный тахеометр, ударопрочный сферический отражатель BRR 1.5", геодезические марки, магнитные держатели и специализированное ПО Spatial Analyzer.

Исследование включало следующие этапы:

- тахеометрическая съемка контрольных точек для определения фактической геометрии стыкуемой секции относительно ответной;

- цифровое сведение блоков с последующим дистанционным причерчиванием и удалением припусков;
- контроль монтажа секции на построечном месте.

Следует отметить, что реальная точность изготовления секций часто существенно отличается от проектных параметров. Эти отклонения возникают как в рамках установленных допусков, так и вследствие нарушений технологического процесса. Основными причинами несоответствий являются:

- сжатые сроки производства;
- человеческий фактор;
- спешка при выполнении работ.

В ходе строительства возможно изменение положения как отдельных секций судна, так и всей его конструкции, что особенно характерно для малогабаритных заказов с небольшими толщинами материала. Это создает дополнительные сложности при установке последующих секций.

Применение метода цифрового сведения блоков предоставляет следующие возможности:

- точная визуализация текущего геометрического состояния конструкции;
- прогнозирование потенциальных отклонений на последующих этапах сборки;
- моделирование будущего положения секций с учетом существующих деформаций.

## Метод

### Method

Когда устанавливаемая секция находится на построечном месте, с помощью тахеометра производится объемный замер всей секции. В съемку входят кромки, продольный и поперечный набор,

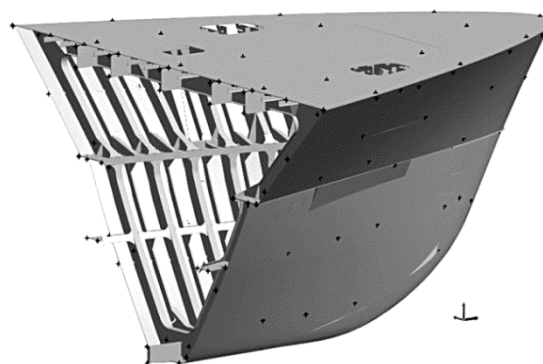


Рис. 3. Объемная съемка секции

Fig. 3. 3D surveying of hull unit

палубы, наружная обшивка, узловые точки. Также во время съемки наносятся и снимаются контрольные точки на местах, подверженных минимальным деформациям при кантовании секции (рис. 3). Кромки снимаются на сферический отражатель с угловой магнитной подставкой, остальные участки секции – в безотражательном режиме.

Это необходимо, чтобы оценить, насколько фактически изготовленная секция отличается от теоретической модели. Пример визуального анализа – монтажная кромка носовой секции с привязанными к модели секции точками. Данная операция позволяет определить отклонения от теоретической модели и исправить их перед установкой секции (рис. 4). В данном примере имеется припуск на кромках 30 мм, однако фактическое распределение припуска неравномерно.

Аналогичные операции производятся с ответной секцией 2 (рис. 5), которая уже находится на построечном месте, и создается система базирова-

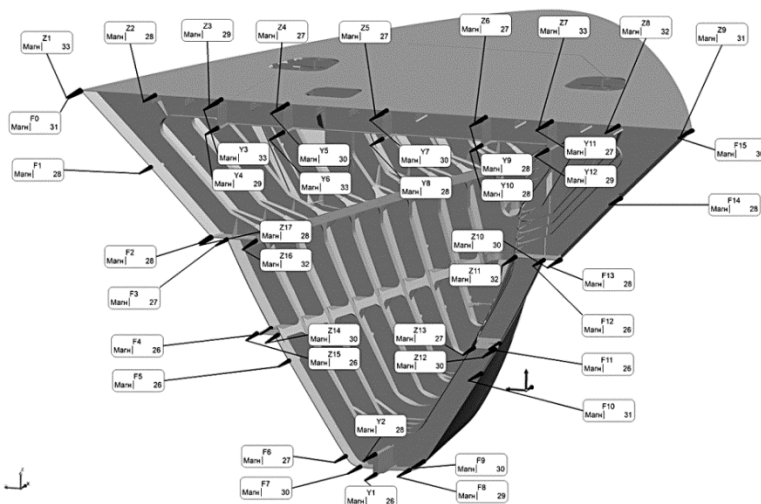
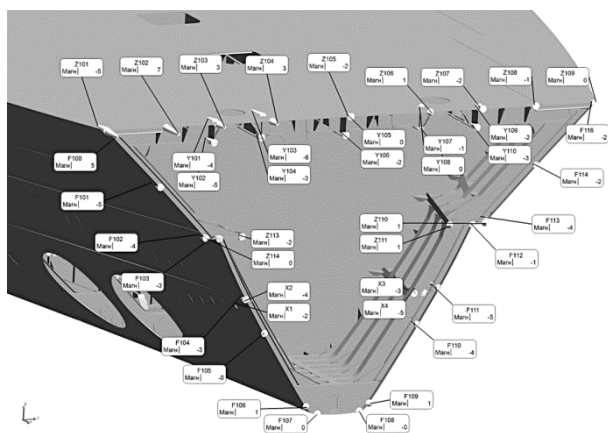
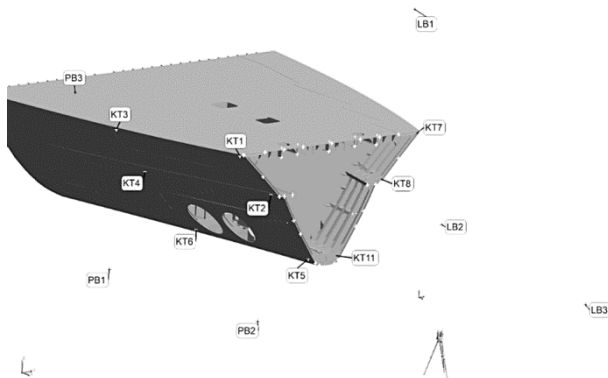


Рис. 4. Отклонения на монтажном стыке секции 1

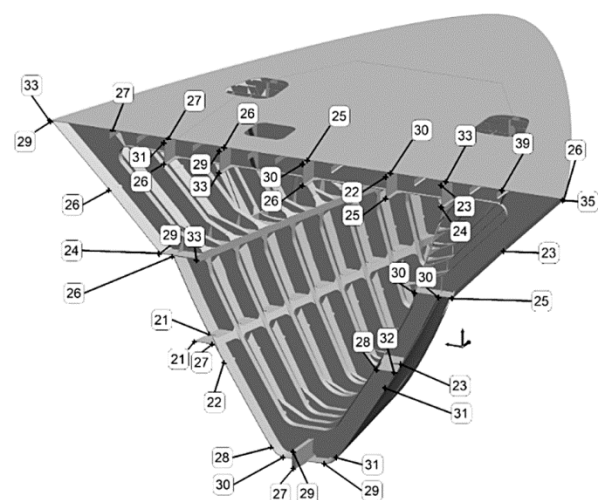
Fig. 4. Deviations at erection joint of Unit 1



**Рис. 5.** Отклонения ответной секции 2  
**Fig. 5.** Deviations at corresponding joint of Unit 2



**Рис. 6.** Система базирования на секции 2  
**Fig. 6.** Basing system for Unit 2



**Рис. 7.** Величина удаляемого припуска  
**Fig. 7.** Size of processing allowance to be removed

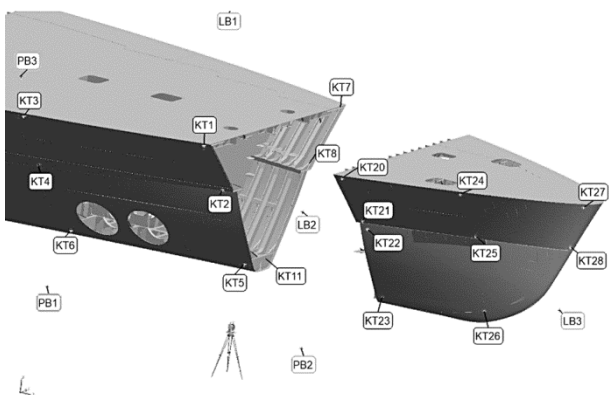
ния вокруг заказа или на самой ответной секции (рис. 6). Точки с названием *KT* находятся на самой секции, а *LB* и *PB* – вокруг заказа.

Для определения положения секции достаточно отснять кромки монтажного стыка и контрольные точки, нанесенные на этапе объемной съемки ответной секции, или создать внешнюю систему базирования вокруг строящегося заказа, если она не была изначально создана при закладке.

При совмещении контрольных точек с теоретической моделью стоит учитывать допуски на элементы конструкции, положение секции на заказе и особенности самой секции, а также монтажную шпацию. Секция, расположенная по диаметральной плоскости, не должна иметь сильного разворота с дифферентом, и при оптимальном сведении точек с моделью необходимо это учитывать.

Полученные данные позволяют компенсировать неточности, допущенные как при изготовлении секций, так и при установке предыдущих элементов конструкции. Как промежуточный итог проделанной работы цех получает информацию по величине удаляемого припуска на кромках устанавливаемой секции с учетом положения ответной секции (рис. 7).

Стоит уделить внимание не только определению величины удаляемого припуска, но и несовпадению набора, что при определенных условиях может привести к серьезным исправлениям и увеличению сроков монтажа на стапеле. При сведении блоков критические несовпадения набора можно доработать в цехе, что значительно упрощает монтаж секции.



**Рис. 8.** Положение контрольных точек при монтаже секции  
**Fig. 8.** Pattern of checkpoints for hull unit erection

**Таблица 1.** Итоговые результаты

**Table 1.** Final results

Параметр	До внедрения	После внедрения
Время монтажа секций	48 ч	34 ч (меньше на 30 %)
Точность стыковки	±8 мм	±3 мм
Количество исправлений	4–5 раз	1 раз

После подготовки секции специалистам размерного контроля необходимо контролировать процесс установки секции в реальном времени по контрольным точкам (рис. 8). Spatial Analyzer позволяет в реальном времени отслеживать изменение контрольных точек и вести сравнительный анализ в полевых условиях. Для эффективного сведения блоков рекомендуется иметь в прямой видимости не менее пяти контрольных точек на секции, где одна из точек находится на противоположном борту секции.

## Результаты

### Results

Данные получены при сравнительном анализе одинаковых секций на двух заказах с применением стандартной методики установки секции и с применением цифрового сведения (рис. 9, табл. 1).

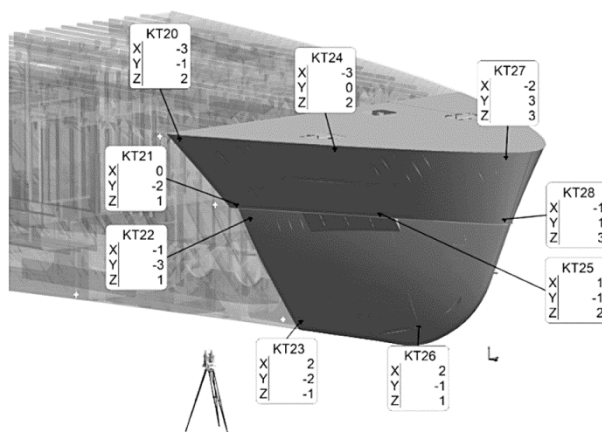
## Заключение

### Conclusion

Представленный метод позволяет:

- существенно снизить зависимость от человеческого фактора;
- выявлять и прогнозировать проблемы на ранних этапах строительства;
- повысить общую эффективность производственного процесса.

Данный метод цифрового сведения блоков с дистанционным причерчиванием можно применять как для небольших секций, так и для крупных блоков. Отсутствие САД модели увеличивает время на получение данных. При полномасштабном внедрении метода на предприятиях, где дистанционное причерчивание будет являться обязательным этапом при установке секции, стапельное время будет значительно сокращено. На многих судостроительных предприятиях сформированы или в процессе формирования группы размерного контроля, в распоряжении которых имеется необ-



**Рис. 9.** Положение секции по контрольным точкам на устанавливаемой секции

**Fig. 9.** Position of hull unit as per checkpoint readings

ходимое оборудование и ПО для реализации метода цифрового сведения блоков с дистанционным причерчиванием.

## Список использованной литературы

1. Об обеспечении единства измерений : федеральный закон : 26.06.2008 №102-ФЗ : [по сост. на 08.08.2024] // Контур норматив : [сайт]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=490078> (дата обращения: 12.09.2025).
2. ОСТ5Р.9324-2015. Комплексная система контроля качества. Корпуса металлических судов. Точность изготовления узлов и секций. Технические требования / Центр технологии судостроения и судоремонта. Санкт-Петербург, 2016. IV, 77 с.
3. ОСТ5Р.9613-2015. Корпуса металлические надводных судов. Технические требования к проверочным работам при изготовлении на построечном месте / Центр технологии судостроения и судоремонта. Санкт-Петербург, 2016. IV, 121 с.
4. SpatialAnalyzer : Technical reference manual : vers. 9.2 / New River kinematics. Williamsburg : NRK, 2023.

## References

1. On measurement assurance. Federal Law No. 102-FZ dt. June 26, 2008 [as of August 08, 2024] // *Kontur Normativ* : [site]. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=490078> (Accessed: 12.09.2025) (*in Russian*).
2. Industry Standard OST5R.9324-2015. Integrated QC system. Metal hulls. Manufacturing accuracy of joints and sections. Technical requirements / Shipbuilding and Ship Repair Technology Center (SSTC), St. Petersburg, 2016, IV, 77 pp., (*in Russian*).
3. Industry Standard OST5R.9613-2015. Metal hulls of surface ship. Technical requirements to on-site QC of erection activities. / Shipbuilding and Ship Repair Technology Center (SSTC), St. Petersburg, 2016, IV, 121 pp., (*in Russian*).
4. SpatialAnalyzer : Technical reference manual : vers. 9.2 / New River kinematics. Williamsburg : NRK, 2023.

---

### Сведения об авторе

*Мироненко Михаил Сергеевич*, ведущий инженер-технолог АО «Средне-Невский судостроительный завод». Адрес: 196643, Россия, Санкт-Петербург, п. Понтонный, Заводская ул., д. 10. E-mail: mirgrib@yandex.ru.

### About the author

*Mikhail S. Mironenko*, Lead Process Engineer, JSC Sredne-Nevesky Shipyard. Address: 10, Zavodskaya st., Pontonny settl., St. Petersburg, Russia, post code 196643. E-mail: mirgrib@yandex.ru.

Поступила / Received: 18.09.25  
Принята в печать / Accepted: 17.11.25  
© Мироненко М.С., 2025