

УДК 656.6

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НИВЕЛИРОВКИ СУДНА ПРИ ЕГО ПОСТАНОВКЕ НА РЕМОНТ

Зяблов Олег Константинович¹, к.т.н., доцент, доцент кафедры ПиТПС

e-mail: zyablov_ok@mail.ru

Тискович Кирилл Анатольевич¹, магистрант

e-mail: tiskovich.kirill@mail.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Из-за значительного износа и деформаций корпусных конструкций возрастные суда подвержены изгибам корпуса, как в процессе подъёма на слип, так и в ходе ремонтных работ. Существующие методы нивелировки с использованием лазерных теодолитов требуют большой доли ручного труда и не позволяют своевременно фиксировать нарастающий изгиб корпуса, что приводит к невозможности обеспечить требуемую осадку судна после ремонта [5]. В статье рассматриваются несколько вариантов автоматизации или упрощения процесса нивелировки для оператора.

Ключевые слова: нивелировка судов, ремонт судов, деформации корпусных конструкций, перегибы корпуса, лазерные теодолиты, автоматизация нивелировки, осадка судна.

IMPROVEMENT OF SHIP LEVELLING PROCESSES DURING ITS PLACEMENT FOR REPAIR

Oleg K. Zyablov¹, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

e-mail: zyablov_ok@mail.ru

Kirill A. Tiskovich¹, Master's Degree student

e-mail: tiskovich.kirill@mail.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. Due to significant wear and deformation of hull structures, older ships are subject to hull bending, both during lifting onto the slipway and during repair work. Existing methods of leveling using laser theodolites require a large share of manual labor and do not allow timely recording of the increasing bending of the body, which leads to the impossibility of ensuring the required draft of the vessel after repairs. The article discusses several options for automating or simplifying the leveling process for the operator.

Keywords: ship levelling, ship repair, hull structural deformations, hull bending, laser theodolites, levelling automation, ship draught.

Проблема нивелировки касается возрастных судов, поставленных на ремонт, таких как «Волго-Дон» пр. 507Б, пр. 1565., «Волго-нефть» пр. 1577, пр. 550А и им подобных., однако может возникнуть и у судов более новых поколений.

Ввиду возраста судов, которые имеют изгиб из-за неудовлетворительного состояния корпусных конструкций, износ и деформации которых могут превышать допускаемые [2], стоит учитывать что они могут получить изгиб в процессе их постановки на ремонт [3], а так же в процессе самого ремонта, при вырезке большого количества материала, за некоторый ремонтный период на слипе. Нивелировка судна помогает отслеживать состояние корпуса в момент подъема, постановки и в процессе ремонта положения судна относительно слипа, следить за его деформациями и изгибами.

В настоящее время основного, директивного документа по технологическому процессу нивелировки нет, ранее действовала «Инструкция по нивелировке судов на слипах судоремонтных заводов» [6], но сейчас она не применяется. На каждом предприятии разрабатывается индивидуальный подход к нивелировке, на основании нормативов по обслуживанию и ремонту судов, который одобряется классификационным обществом [1]. Распространен метод нивелировки с помощью лазерных теодолитов (нивелиров) [5], например, таких как: «Ротационный нивелир RGK SP-612» [4], с рабочей зоной около 600 метров, для охвата всего судна целиком. Данный метод включает в себя снятие замеров по палубе и комингсу грузового люка. Процесс представляет собой постановку теодолита на Мидель-шпангоут судна, выявление отметки «0» на выбранном шпангоуте и дальнейшем снятии замеров по определенному количеству шпангоутов (не нормируемом) от кормы в нос или наоборот. Обычно принимается в районе 20-25 точек по 1-му борту в зависимости от длины судна. Нивелировка таким образом проводится всего несколько раз при постановке на длительный ремонт, перед подъемом на слип в балласте/ без балласта, после подъема судна на слип, перед ремонтом и перед спуском. В процессе самого ремонта в основном производятся замеры по днищу, по 6 точкам раз в 10 дней, 2 точки в корме, 2 на миделе и 2 в носу, с целью определения положения корпуса относительно слипа, в основном крен, и с последующей корректировкой. Такой процесс показывает изменение кривой судна, но зачастую из-за больших промежутков времени между палубными замерами специалисты не успевают отследить момент, когда судно приобретает критический изгиб [3, 5]. В данной ситуации жёстко встает вопрос о правке корпуса, из-за того, что судно не может приобрести нужную осадку, по окончании ремонта [3].

Решение данной проблемы состоит в том, чтобы процесс стал более автоматизированным, минимизировать деятельность человека в процессе снятия показаний, путем установки устройств отличных от лазерного нивелира, который приходится постоянно переставлять в процессе замеров. Также необходимо как можно чаще получать данные о положении кривой судна, чтобы более четко следить за тем, когда судно начинает изгибаться в процессе ремонта, для принятия решения о правке тумб или подстановке домкратов, до того, как судно приобретёт необратимый изгиб корпуса [3].

Авторами предлагается несколько вариантов усовершенствования процессов нивелировки судов.

1. Использование приборов, таких как: инклинометры ZET 7076 (измерение угла наклона), WSD-100 (датчики деформации), работающих как датчик, которые постоянно передают данные на программу в компьютер о своем положении относительно начальной точки. Приборы могут показывать угол отклонения относительно начальной точки или изменения в мм относительно ее же. Таких приборов можно устанавливать несколько на судно, настроить на передачу показаний ежедневно и отслеживать процесс изгиба непрерывно, а не в разрыв периодом 10-и дней. Такое оборудование позволит исключить необходимость ежедневно проводить замеры вручную, ускорить процесс построения



кривой изгиба. Минусы данного прибора – стоимость варьируется от 50-70 тыс. рублей за единицу, существующий метод предполагает около 20-25 на один борт, следовательно, около 50 точек на 1 судно, это порядка 2 500 000 – 3 500 000 рублей только на 1 судно. (Встает вопрос о рациональности использования средств).

2. Установка GPS приборов, например, таких как: TOPOCON NET-G5, TOPOCON GR5, TOPOCON Hiper V на стационарные опоры (столбы), установленные по всему слипу. Суть данного метода заключается в установке приборов на опоры, жестко зафиксированные таким образом, чтобы они не меняли свое положение при подвижках грунта и оставались на единой точке. Далее необходимо связать между собой GPS приборы, выставить на них единую точку, относительно которой будет привязка к шкале, с которой работник должен будет пройти всю палубу, отмечая точки на каждом шпангоуте, по которым будет выстраиваться кривая относительно одной точки выставленной на GPS приборе. Стоимость таких GPS нивелиров/теодолитов варьируется от 100 000 тыс. до 1 500 000 млн. рублей за единицу. Разница заключается в технологичности программного обеспечения и дальности прохода сигнала. Преимущество данного прибора заключается в постоянном «0», выставленном единожды и количестве точек замеров. Можно выставлять сколько угодно точек по судну, чтобы построить более подробную кривую изгиба. Недостаток метода заключается в использовании работника в качестве измерителя. Замеры станут делать легче ввиду того, что прибор установлен на постоянном месте, но всё же придется проходить судно каждый день, чтобы кривая могла отслеживаться «в реальном времени». (проблему можно решить путём установки датчиков на судно и привязке их к нивелиру, но это приведет к значительному удорожанию материального обеспечения процесса). Так же возникает проблема точности установки тумб, так что бы приборы доставали на все суда, стоящие на ремонте. Стоимость такого метода в среднем будет стоить 7 200 000 рублей, учитывая среднюю стоимость прибора 800 тыс. рублей без учёта установки опор.

3. Использование тахеометра. Это высокоточный геодезический прибор, который сочетает в себе функции теодолита и электронного дальномера. Например: SOKKIA серия iM-105, тахеометры электронные ES, OS, OS-101L. Они позволяют одновременно фиксировать горизонтальные и вертикальные углы, а также расстояния до объектов, вычисляя пространственные координаты (X, Y, Z) измеряемых точек. Благодаря встроенному микропроцессору многие современные тахеометры автоматически выполняют расчёты координат, превышений и другие геодезические вычисления.

Отслеживание изгиба корпуса судна данным методом происходит в несколько этапов. Перед началом измерений устанавливают тахеометр в определённой точке, на берегу или на палубе, определяют реперные (опорные) точки на корпусе судна. Эти точки маркируются специальными отражателями или выбираются как некоторые элементы конструкции. Затем сам прибор выравнивают с помощью уровней, чтобы его ось была строго вертикальной, а горизонтальная плоскость была параллельна заданной базовой плоскости. Далее оператор наводит тахеометр на каждую реперную точку, измеряя горизонтальные и вертикальные углы, а также расстояние до точки, с помощью встроенного дальномера. Встроенный вычислительный модуль тахеометра или внешнее ПО преобразует полярные координаты (углы и расстояние) в прямоугольные (X,Y,Z), что позволяет определить пространственное положение точки относительно системы координат. Далее сравниваются координаты с проектными значениями или с данными предыдущих измерений, можно выявить прогибы/ перегибы, перекосы и другие деформации корпуса. Прибор мобильный и с его помощью можно выстроить в зоне замеров минимум 2 точки начальных координат, например в начале и в конце участка, что исключает необходимость использования 2-го прибора, хотя существенно замедляет процесс снятия точек. Данный метод имеет массу преимуществ, таких как автоматизация



построения и снятие точек с объекта, автоматическое преобразование координат в прямоугольные значения. Достаточно 1-го правильно расположенного прибора, чтобы снимать точки со всех судов в длительный судоремонт. Недостатки метода заключаются в цене прибора, которая варьируется от 1 до 8,3 млн. руб., все зависит от возможностей прибора, комплектности, температур эксплуатации, и встроенного программного обеспечения. Что бы обойтись одним прибором, следует провести ряд испытаний и сложных математических расчётов для постановки прибора так что бы он мог охватывать все имеющиеся объекты измерения, находящиеся на слипе или в другом ремонтном пространстве.

Проведённый анализ показывает, что существующая практика нивелировки судов на ремонтных предприятиях не отвечает современным требованиям по оперативности и точности. Ручные замеры лазерным нивелиром, проводимые эпизодически, не позволяют зафиксировать момент начала опасного перегиба корпуса [3], [5], что приводит к необратимым деформациям и невозможности обеспечить проектную осадку судна после ремонта [3]. Рассмотренные три варианта автоматизации имеют различную степень технической и экономической целесообразности:

Система автономных датчиков (до 3,5 млн рублей на судно) – даёт непрерывный мониторинг, но экономически не оправдана для массового применения.

GPS-нивелиры на стационарных опорах (В районе 7.2 млн руб., без затрат на установку опор) не решают одну из главных проблем – использование ручного обмера палубы ежедневно.

Тахеометр (1-8,3 млн. руб.) представляет собой наиболее сбалансированное решение: один мобильный прибор при правильной постановке и математической калибровке способен обслуживать все суда на слипе, обеспечивая автоматизированное снятие координат точек и построение пространственной модели деформаций.

Таким образом, для большинства судоремонтных предприятий оптимальным путём модернизации процесса нивелировки является внедрение тахеометра средней ценовой категории (2-3 млн. руб.) с разработкой методики его юстировки для охвата всей рабочей зоны слипа. Это позволит при разумных затратах перейти от редких дискретных замеров к регулярному (ежедневному или даже чаще) контролю пространственного положения корпуса, своевременно корректировать опорные тумбы и домкраты, предотвращая необратимые изгибы старых судов. Дополнительным эффектом станет сокращение ручного труда и повышение точности документирования ремонтных операций для классификационного общества.

Список литературы:

1. Правила классификации и постройки морских судов : в 4 т. / Российский морской регистр судоходства. – Санкт-Петербург: РМРС, 2024. – Т. 2: Постройка и испытания. – Гл. 3.
2. ГОСТ 21779-82 (СТ СЭВ 2681-80). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски. – Москва: Изд-во стандартов, 1982.
3. Савиных, В. П. Анализ деформаций корпусных конструкций при постановке судов на слип / В. П. Савиных, А. Л. Старцев // Судостроение. – 2019. – № 4. – С. 44-48.
4. Техническая документация: Ротационный нивелир RGK SP-612. Руководство по эксплуатации. – М.: RGK, 2018. – 32 с.
5. Егоров, А. В. Лазерные методы контроля пространственного положения судов на стапеле / А. В. Егоров // Инновации на транспорте: сборник трудов ВГУВТ. – Нижний Новгород: ВГУВТ, 2021. – С. 112-115.



6. Инструкция по нивелировке судов на слипах судоремонтных заводов РД 5.4201-83.
– Москва: Минречфлот РСФСР, 1983.

