

# Отчет о проверке на заимствования №1



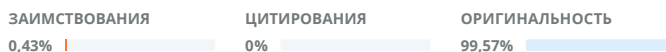
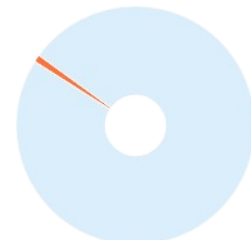
**Автор:** Косяченко Оксана Викторовна [kosyachenko@msun.ru](mailto:kosyachenko@msun.ru) / ID: 376  
**Проверяющий:** Косяченко Оксана Викторовна ([kosyachenko@msun.ru](mailto:kosyachenko@msun.ru) / ID: 376)  
**Организация:** Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельск  
 Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://msun.antiplagiat.ru>

## ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 175  
 Начало загрузки: 08.11.2019 04:44:33  
 Длительность загрузки: 00:00:03  
 Корректировка от 09.11.2019 04:58:47  
 Имя исходного файла: Антоненко  
 Размер текста: 164 кБ  
 Тип документа: Статья  
 Символов в тексте: 18413  
 Слов в тексте: 2371  
 Число предложений: 167

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)  
 Начало проверки: 08.11.2019 04:44:36  
 Длительность проверки: 00:00:11  
 Комментарии: [Автосохраненная версия]  
 Модули поиска: Сводная коллекция ЭБС, Коллекция РГБ, Цитирование, Коллекция eLIBRARY.RU, Модуль поиска Интернет, Модуль поиска "msun", Кольцо вузов



Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.  
 Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.  
 Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.  
 Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.  
 Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.  
 Заимствования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.  
 Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	0,43%	4,54%	не указано	<a href="http://morintex.ru">http://morintex.ru</a>	20 Ноя 2016	Модуль поиска Интернет	79	7
[02]	0%	3,31%	Опыт постановки в плавучий док судо...	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	28 Авг 2014	Коллекция eLIBRARY.RU	0	6
[03]	0%	1,26%	Гаращенко, Петр Антонович Повышен..	<a href="http://dlib.rsl.ru">http://dlib.rsl.ru</a>	02 Фев 2013	Коллекция РГБ	0	2
[04]	0%	1,26%	Повышение работоспособности судов..	<a href="http://tekhnosfera.com">http://tekhnosfera.com</a>	10 Авг 2017	Модуль поиска Интернет	0	2
[05]	0%	0,8%	Влияние проектных характеристик суд..	<a href="http://tekhnosfera.com">http://tekhnosfera.com</a>	29 Мар 2019	Модуль поиска Интернет	0	2
[06]	0%	0,55%	559.pdf	не указано	08 Июн 2017	Кольцо вузов	0	1
[07]	0%	0,55%	339.pdf	не указано	03 Июн 2017	Кольцо вузов	0	1
[08]	0%	0,54%	Е. К. Борисов [и др.] ; Камчатский гос. т...	<a href="http://dlib.rsl.ru">http://dlib.rsl.ru</a>	14 Июн 2019	Коллекция РГБ	0	1
[09]	0%	0,54%	<a href="http://shipdesign.ru/Chizhiumov/ShipDe..">http://shipdesign.ru/Chizhiumov/ShipDe..</a>	<a href="http://shipdesign.ru">http://shipdesign.ru</a>	14 Фев 2019	Модуль поиска Интернет	0	1

## Текст документа

УДК 629.128.6

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РАСЧЁТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

ДОКОВЫХ ПОСТАНОВОК

Антоненко С.В.

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Sergey Antonenko

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

e-mail: [sergey.antonenko.43@mail.ru](mailto:sergey.antonenko.43@mail.ru)

Аннотация: Рассматриваются вопросы выполнения расчётов постановки

судов в доки в условиях судоремонтного предприятия при неполноте

исходных данных и порой недостаточной квалификации специалистов.

Предлагается использование методов жёсткого штампа и пяти моментов.

Даётся оценка погрешностей и указываются некоторые их причины.

Annotation: The issues of performing calculations of setting vessels into docks in the conditions of a ship-repair enterprise with incomplete initial data and sometimes insufficient qualifications of specialists are considered. The use of hard stamping techniques and five moments is suggested. Errors are estimated and some of their causes are indicated.

Ключевые слова: докование судов, реакции доковых опор, методы расчёта, оценка погрешностей

Keywords: dry-docking, dock blocking responses, calculation methods, error estimation

Введение

Докование судов – важная и ответственная операция. Во время стоянки в доке на корпус судна передаются значительные местные нагрузки в виде реакций кильблоков и клеток. Давление на днище при этом на порядок больше давления, возникающего при плавании на волнении (если не считать ударных нагрузок при слеминге). Неправильная оценка реакций доковых опор может привести к повреждениям конструкций днищевых перекрытий в виде остаточных прогибов днищевой обшивки, потери устойчивости вертикальных листовых элементов и др. Проектант судна разрабатывает доковый чертёж (применительно к условному сухому доку) и выполняет расчёты прочности судна при постановке в док. Но эти расчёты могут быть неприменимы в условиях конкретного дока по ряду причин: другие характеристики и расположение доковых опор, в плавучем доке – влияние изгиба дока в продольном и поперечном направлениях, отклонения в состоянии нагрузки судна. Это может привести к необходимости выполнения расчётов специалистами судоремонтного завода (СРЗ). К сожалению, далеко не всегда они оказываются подготовленными к этой работе. В известном нормативном документе [1] предлагаются листинги программ Док4 и Док5 соответственно для сухого и плавучего доков, однако реальность их использования на СРЗ представляется сомнительной. В связи с этим представляется целесообразной разработка более простых в реализации методов расчёта.

В работе рассматриваются два таких метода: по схеме жёсткого штампа и по схеме балки на податливых опорах. Методы ориентированы на сухие доки. В России преобладают плавучие доки, расчёты для которых обладают известной спецификой. Но рассмотрение этой специфики выходит далеко за рамки данной работы. Отметим лишь, что в первом приближении можно ограничиться корректировкой коэффициентов жёсткости докового опорного устройства с учётом поперечного изгиба дока.

Схема жёсткого штампа

Эта схема пользовалась популярностью около века тому назад, когда об использовании компьютерной техники не могло быть и речи. Более точные методы, например, по схеме балки переменного сечения, лежащей на упругом основании переменной (по длине) жёсткости, требовали трудоёмких вычислений, что затрудняло их использование, особенно для расчётов спуска с продольного стапеля, когда было необходимо рассматривать ряд последовательных положений судна. Метод жёсткого штампа теоретически может обеспечивать приемлемую точность при выполнении условия

(1)

где  $L$  - длина судна;

$k$  - коэффициент жёсткости упругого основания;

$EI$  - изгибная жёсткость судна.

Этому условию удовлетворяют сравнительно короткие или

высокооборотные суда (небольшие грузовые, промысловые, научно-исследовательские, пассажирские суда, ледоколы и т.п.). Но в подобных случаях необходимость выполнения специальных расчётов может и не возникать. Если же судно достаточно крупное, его изгиб может привести к существенному перераспределению опорных реакций по сравнению с методом жёсткого штампа.

Для расчёта необходимы следующие исходные данные:

водоизмещение  $D_d$  и абсцисса центра тяжести (ЦТ)  $z_g$  докуемого судна, расположение доковых опор, материал и размеры деревянных подушек.

Порядок расчёта по такой схеме изложен, например, в популярном справочнике [2, стр. 442], в котором вопросам прочности при постановке судов в док уделено серьёзное внимание. Предварительно необходимо вычислить три интеграла (интегрирование ведётся по всей длине килевой дорожки):

Перемещение судна как абсолютно твёрдого тела (жёсткого штампа), равное просадкам килевой дорожки, определяется по формуле:

а интенсивность реакций упругого основания:

где

Заметим, что метод позволяет использовать как модель сплошного упругого основания (промежутки между кильблоками отсутствуют, кильблоки как бы «размазываются»), так и модель независимых точечных опор, расположенных произвольным образом – тогда интегрирование заменяется суммированием. Кроме того, метод нечувствителен к выбору модуля упругости деревянных подушек, используемого при определении коэффициентов жёсткости (КЖ). Более того, реальные КЖ можно заменить условными, например, принять КЖ типового кильблока за единицу.

Отсутствуют ограничения на количество опор, принятых в расчёте, и порядок их перечисления. Так, можно вначале перечислить все кильблоки, а затем клетки. При необходимости исключения некоторой опоры из расчёта можно для неё указать  $KЖ = 0$ , что при применении других методов может оказаться недопустимым из-за деления на 0.

Метод не требует высокой квалификации расчётчика, что весьма привлекательно. Он позволяет без особых затруднений учесть влияние начального зазора, на чём мы не останавливаемся. Можно ли его рекомендовать для практического использования и если да, то при каких условиях? По мнению автора – да, можно, если у судна нет конструктивных особенностей, таких как большие свесы оконечностей, невысокая прочность днища, значительные сосредоточенные грузы. Нужно иметь в виду, что для надёжной оценки реакций при постановке судна в док мало иметь распределение докового веса по теоретическим шпациям и кривую моментов инерции эквивалентного бруса, которые нужны при использовании модели гибкой балки. Чрезвычайно важно иметь хотя бы

ориентировочное представление о величине и форме строительной погиби килевой линии, которая измеряется десятками, а иногда и сотнями миллиметров [3, 4]. Кроме того, желательно знать реальные характеристики жёсткости доковых опор – они могут в разы отличаться от тех, что приводятся в литературе [5]. Таким образом, хотя погрешность метода измеряется десятками процентов, нельзя категорически утверждать, что более точные расчётные схемы всегда позволяют радикально снизить погрешности. По крайней мере, метод позволяет увидеть, насколько расстановка доковых опор (имея в виду положение ЦТ опорного устройства) соответствует распределению нагрузки судна.

Попутно отметим, что как в нормативном документе [1], так и в ряде авторитетных источников (например, [6]) проводится мысль о том, что

килевая дорожка должна, как правило, рассчитываться на полный доковый

вес судна **1**. Это даёт основания отказаться от учёта нагрузки от докового веса, передаваемой на клетки. По нашему мнению, такой подход ошибочен, тем более в условиях судоремонтного предприятия, когда характеристики клеток известны. Клетки всегда воспринимают нагрузку, соответствующую их жёсткости. Иначе говоря, распределение нагрузок от докового веса на некотором участке длины судна пропорционально отношению их КЖ. При повышенной жёсткости клеток они будут перегружаться, что может привести к повреждениям судна или дока.

Схема балки на податливых опорах

В проектных расчётах постановки судна в док традиционно принято рассматривать судно как балку переменного сечения, нагруженную силами собственного веса, а доковое опорное устройство (ДОУ) – как винклеровское упругое основание, интенсивность реакций которого в каждой точке пропорциональна просадке. Коэффициент пропорциональности будем называть коэффициентом жёсткости; в литературе нередко встречается термин «коэффициент постели». КЖ килевой дорожки распределяется на всю её длину (за вычетом разрывов, если они имеются), т.е. упругое основание считается сплошным, включающим промежутки между кильблоками. Изгиб такой балки описывается дифференциальным уравнением 4 порядка, которое интегрируют одним из приближённых методов.

В отличие от схемы жёсткого штампа, здесь важно задать реалистичные характеристики жёсткости основания, от которых будут сильно зависеть результаты расчётов. Почти всегда считается, что кильблоки работают в упругой стадии и КЖ отдельного кильблока можно рассчитать по формуле

(2)

где  $E_d$  – модуль упругости деревянной подушки;

$S$  – её площадь в плане;

$h$  – её высота.

В частных случаях нагружения подушки не по всей площади, наличия дубовой подушки и сосновой прокладки, укладки брусьев боковых клеток с промежутками имеются особенности, которые изложены в литературе и здесь не рассматриваются.

Но возможен и другой подход, практически эквивалентный в смысле достижимой точности (мы имеем в виду точность решения математической задачи, а не определения действительных характеристик напряжённо-деформированного состояния системы док – судно, о чём ниже): ДОУ представляется в виде совокупности точечных опор. Это могут быть реальные кильблоки или пары клеток, но могут быть и условные опоры, расположенные, например, на теоретических шпангоутах судна. Изгиб балки в таком случае описывается системой линейных алгебраических уравнений. Способы составления уравнений могут быть различными, как и способы решения дифференциального уравнения, речь о котором шла выше. В работе рассматривается широко известный метод пяти моментов (см., например, [7], с 90 – 99). Метод отличается единообразием уравнений и хорошей обусловленностью благодаря малой ширине ленты в матрице коэффициентов. Мы не останавливаемся на вопросах составления системы уравнений пяти моментов, предполагая, что заинтересованный читатель без труда найдёт нужную информацию. Отметим лишь некоторые особенности метода в применении к задаче расчёта постановки судна в док.

Приведённые опоры удобно располагать на теоретических шпангоутах – это позволит без труда воспользоваться проектными

данными по распределению докового веса и моментам инерции поперечных сечений судна. К этим точкам стягиваются реальные кильблоки и клетки в соответствии с принципами механики. Весовую нагрузку целесообразно прикладывать в виде сосредоточенных сил, расположенных в опорных сечениях (т.е. на теоретических шпангоутах). Расчёты удобно выполнять с помощью электронных таблиц Excel, в которых формируются все необходимые исходные данные, матрица коэффициентов системы уравнений и вектор-столбец правых частей. Решение состоит из двух операций: обращения матрицы (стандартная операция МОБР) и умножения обратной матрицы на столбец правых частей (МУМНОЖ). Результатом будут изгибающие моменты на всех шпангоутах с 1 по 19; моменты на 0-м и 20-м шпангоутах равны нулю или заданы. Далее рассчитываются опорные реакции и, если надо, просадки. Оценка погрешности метода

Для оценки погрешности расчёта опорных реакций сопоставим результаты расчёта постановки в док методом Ритца, приведённые в качестве примера в справочнике [2], с расчётом по методу пяти моментов. Длина килевой дорожки у рассматриваемого корабля равна 140 м, коэффициент жёсткости упругого основания в оконечностях (0 – 5 и 15 – 20 теоретические шпангоуты) составляет  $k = 25000 \text{ т/м}^2$ , в средней части –  $30000 \text{ т/м}^2$ . Остальные данные приведены в указанном справочнике на с. 410. Ограничимся сравнением упругих линий, через которые однозначно определяются давления на ДОУ. Предполагаем, что общая прочность корпуса при постановке в док обеспечивается.

На рис. 1 показаны упругие линии (просадки основания) для следующих вариантов: 1) расчёт по методу пяти моментов при 20 шпангоутах; 2) расчёт, приведённый в справочнике (для 4 членов в разложении упругой линии в ряд синусов); 3) тот же расчёт, выполненный автором на компьютере; 4) расчёт по методу пяти моментов при 40 шпангоутах; 5) расчёт методом Ритца при 6 членов в разложении. По оси абсцисс отложены расстояния от носового конца килевой дорожки в метрах, по оси ординат – просадки в мм.

Рис. 1. Сравнение упругих линий

Как видим, общий характер упругой линии одинаковый при расчётах разными методами. Но метод пяти моментов занижает пиковые значения реакций. Надо полагать, что это обусловлено переходом от упругого основания к дискретным опорам (напомним, что реальные кильблоки не являются сплошным упругим основанием, за исключением участков

сплошной килевой дорожки, которых следует избегать). Вполне понятно, что увеличение количества опор в методе пяти моментов или членов ряда синусов в методе Ритца ведёт к повышению точности. В этих расчётах по методу пяти моментов КЖ концевых опор был таким же, как и соседних; если же жёсткость концевых опор уменьшить вдвое, то давление на кормовом конце килевой дорожки, наоборот, оказывается уже на 8 – 9 % больше, чем в методе Ритца.

Следует заметить, что в рассматриваемом примере у корабля имеется значительный свес кормовой оконечности, масса которого составляет 1300 т при доковом водоизмещении 20200 т, а момент от свеса – 15000 тм.

Степень влияния сосредоточенных усилий на конце килевой дорожки (как и вообще особенности изгиба балки на упругом основании) зависит от параметра

(3)

(см. обозначения к формуле (1)), который имеет размерность длины и в данном случае составляет примерно 20 м. На этом участке давления на килевую дорожку изменяются очень быстро. На рис. 2 приведены

результаты аналитического решения для полубесконечной балки, нагруженной на конце силой и моментом от свеса, а также равномерно распределённой нагрузкой. Даны отдельно носовая и кормовая ветви кривой – для обоих свесов. Используются элементы изгиба балок, приведённые в справочнике [7, с. 198 - 199]. Для сравнения наложена кривая, полученная по методу Ритца при 6 членах ряда синусов.

Рис. 2. Использование аналитического решения

Расхождения, очевидно, обусловлены преимущественно тем, что аналитическое решение предполагает постоянство величин распределённой нагрузки, моментов инерции эквивалентного бруса (обе величины заметно увеличиваются от оконечностей к миделю) и коэффициентов жёсткости, которые сохраняют постоянные значения на участках длиной по 35 м.

Проблема исходных данных

В приведённом примере метод пяти моментов при 20 интервалах (21 опора на теоретических шпангоутах) не показал высокую точность: расхождение с методом Ритца при 6 членах ряда синусов составило 18 % в сторону занижения пикового давления. Но нужно иметь в виду, что заложенные в расчёт исходные данные могут сильно отличаться от реальных. Каждое судно имеет строительную погиб килевой линии; как показали измерения, выполненные автором в доках Дальзавода, обычные отклонения килевой линии от прямой составляют 20 – 30 мм, а у многих кораблей, размеры которых сопоставимы с тем, который рассчитывался в данной работе, встречается строительный прогиб со стрелкой 100 мм и более. При этом разность ординат упругих линий, полученных двумя методами, не превышает 2 мм. Натурные измерения также показали, что жёсткость деревянных подушек хвойных пород в среднем в 4 – 6 раз меньше, чем принято в вышеприведённых расчётах. При подготовке ДОУ также возникают отклонения от теоретического положения опорной поверхности. Эти и другие причины приводят к неопределённым отклонениям фактических реакций от расчётных. Насколько существенным может быть влияние указанных факторов, демонстрирует рис. 3, на котором построены три кривые: 1) расчёт по методу пяти моментов с уменьшением КЖ в 5 раз; 2) то же по методу Ритца; 3) по варианту 1 при наличии строительного прогиба 100 мм в пределах длины килевой линии. Прямое сравнение прогибов на рис. 1 и 3 неправомерно, можно лишь говорить о коэффициенте неравномерности, понимаемом как отношение максимального давления на кормовом конце килевой дорожки к его средней величине. В исходном варианте (метод Ритца, 6 членов разложения) он равен 2,50, в случае уменьшения жёсткости – 2,06, а при уменьшении жёсткости и наличии строительного прогиба – 1,37, причём максимальное давление получается на 14 теоретическом шпангоуте. Эти материалы показывают, насколько условными являются типовые расчёты реакций доковых опор.

Рис. 3. Влияние жёсткости ДОУ и строительного прогиба

Заключение

Специалисты судоремонтных предприятий, разрабатывая чертежи доковых постановок, достаточно редко занимаются выполнением расчётов реакций доковых опор и проверкой прочности судна и ДОУ. Однако такая необходимость иногда возникает. В таких случаях полезно иметь методы, которые позволяют быстро и просто, пусть и приближённо, выполнить требуемые расчёты. Возникающие при этом погрешности обусловлены часто не столько выбором метода, сколько неполнотой и недостоверностью используемых исходных данных. В ответственных случаях следует

предварительно оценить наличие общей строительной погни судна и уточнить механические характеристики (прочность и жёсткость) подушек кильблоков и клеток.

Безопасность доковой постановки должна быть, в первую очередь, обеспечена конструктивными мерами (подушки кильблоков и клеток не должны иметь чрезмерную прочность и жёсткость) и лишь в дополнение к ним – расчётами.

Список источников и литературы:

1. РД5-076.011-82. Методические указания. Корпуса кораблей и судов. Методы расчёта прочности. Расчёт на ЭВМ общей и местной прочности кораблей и судов при постановке в сухой и плавучий доки .Л.: 1982. – 237 с.
2. Справочник по строительной механике корабля. Т. 3 / Под ред. акад. Ю.А. Шиманского – Л.: Судпромгиз , 1960. – 800 с.
3. Аникин Е.П., Антоненко С.В. Некоторые результаты экспериментального изучения опорных реакций в сухих доках // Судостроение , 1978, No 10. С. 72 – 75.
4. Антоненко С.В. Оценка влияния начальной погни при доковании судов // Судостроение . – 1979. - No 11. – С. 45 – 47.
5. Антоненко С.В. Результаты исследований прочности, жесткости и ползучести деревянных подушек кильблоков // Судостроение . - 1991.- No 1. - С. 43 - 46.
6. Козляков В.В., Финкель Г.Н., Хархурим И.Я. Проектирование доковых опорных устройств. Л.: Судостроение , 1973. – 176 с.
7. Справочник по строительной механике корабля / Бойцов Г.В., Палий О.М., Постнов В.А., Чувиковский В.С. – В трёх томах. Том 1. Общие понятия. Стержни. Стержневые системы и перекрытия. – Л.: Судостроение , 1982. – 376 с.