

**М.С. Горохов**  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

## **ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕРИТЕЛЯ МАССЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КОРПУСА СУДНА ОТ ЕГО КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ**

Ключевые слова: стоечное судно, исследовательское проектирование, железобетон, корпус, кубический модуль, измеритель массы, прототип, конструктивный элемент, главные размерения.

Приведены результаты статистического исследования главных размерений и основных характеристик судов стоечного типа с корпусом из железобетона. Предложены формулы для расчета измерителя массы железобетонного корпуса рейдовых причалов и дебаркадеров, которые могут быть использованы на стадии исследовательского проектирования. Выполнен анализ точности расчета массы железобетонного корпуса с использованием полученных формул.

На начальной стадии проектирования железобетонного судна стоечного типа одним из наиболее важных показателей, влияющих на его будущие технико-экономические показатели, является масса его железобетонного корпуса. От того, насколько точно будет определена масса корпуса, зависят эксплуатационно-технические качества судна.

Определение массы корпуса на начальной стадии проектирования можно выполнить двумя различными способами: используя либо показатели наиболее близкого судна-прототипа, либо зависимости, полученные в результате обработки статистических данных существующих проектов судов.

Наиболее точные значения массы корпуса можно получить на основе статистических зависимостей.

Для этого были проанализированы главные размерения и основные характеристики проектов рейдовых причальных понтонов и дебаркадеров с корпусом из железобетона.

Прямоугольный в плане, с транцевым носом и кормой, с наклонными подрезами или без подрезов в оконечностях геометрически корпус имеет форму параллелепипеда. Внутреннее пространство корпуса разделено на отсеки продольными или поперечными проницаемыми или непроницаемыми переборками. Система набора корпуса – поперечная, смешанная либо безнаборная. Наружная обшивка представляет собой плоские железобетонные плиты [3]. Набор корпуса состоит из железобетонных балок прямоугольного сечения.

Статистическое исследование охватывает суда длиной от 20 до 85 м. Соотношение главных размерений у рассматриваемых судов является традиционным для дебаркадеров и причальных понтонов и отвечает предъявляемым к ним эксплуатационным требованиям. Учитывая рассмотренные архитектурно-конструктивные особенности, было принято решение выполнять определение массы железобетонного корпуса с использованием формулы первой группы [1], основанное на предположении о том, что масса корпуса прямо пропорциональна кубическому модулю  $LBH$ :

$$P_k = \psi_k LBH, \quad (1)$$

где  $\psi_k$  – масса  $1 \text{ м}^3$  параллелепипеда со сторонами  $L \times B \times H$  (измеритель массы корпуса).

Элементы и характеристики рассматриваемых судов приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Главные размерения и характеристики рейдовых причальных понтонов и дебаркадеров**

Проект	Класс РРР	Система набора	L, м	B, м	H, м	LBH, м <sup>3</sup>	Ψ <sub>к</sub> , т/м <sup>3</sup>
Рейдовые причальные понтоны							
154	P	Поперечная	65	14	3,2	2912	0,197
146(1)	P	Безнаборная	20	8	2	320	0,258
146(2)	P	Безнаборная	20	8	2	320	0,262
P24(1)	O	Поперечная	42	15	2,8	1764	0,207
P24(2)	O	Поперечная	42	8	2,8	940,8	0,256
P66	P	Безнаборная	30	10	2,2	660	0,248
123А	P	Поперечная	65	14	3,2	2912	0,197
157(1)	P	Поперечная	45	12	2,8	1512	0,241
157(2)	P	Поперечная	42	12	2,8	1411,2	0,267
157(3)	P	Поперечная	45	12	2,8	1512	0,212
133Б	P	Поперечная	45	12	2,8	1512	0,209
61	p	Безнаборная	20	7	2	280	0,273
133(1)	P	Поперечная	45	12	2,8	1512	0,209
133В	P	Поперечная	45	12	2,8	1512	0,209
Дебаркадеры							
123/823	P	Поперечная	64,4	14	3,2	2885,12	0,200
833	P	Поперечная	35	10	2,8	980	0,221
47	P	Безнаборная	35	9,6	2,8	940,8	0,246
47Б	P	Безнаборная	35	9,6	2,8	940,8	0,224
61А(1)	P	Безнаборная	20	7	2	280	0,285
61А(2)	P	Безнаборная	20	7	2	280	0,261
61А(3)	P	Безнаборная	20	7	2	280	0,273
61Б	P	Безнаборная	20	7	2	280	0,272
39	O	Безнаборная	20	7	2	280	0,283
48	P	Смешанная	85	20	3,7	6290	0,191
33	P	Смешанная	65	14	3,6	3276	0,188
123	P	Поперечная	65	14	3,2	2912	0,188
137(1)	P	Смешанная	65	14	3,2	2912	0,187
137(2)	P	Поперечная	65	14	3,2	2912	0,196
133-02(2)	P	Поперечная	45	12	2,8	1512	0,215
10130	P	Поперечная	45	12	3,2	1728	0,198
133А	P	Поперечная	45	12	2,8	1512	0,209
133-02(1)	P	Безнаборная	45	12	2,8	1512	0,225
14	P	Смешанная	42	12	3	1512	0,212
20	P	Смешанная	45	12	3	1620	0,205
55	P	Смешанная	45	12	3	1620	0,207
62(1)	P	Смешанная	45	12	3	1620	0,204

Примечание. L, B, H – соответственно расчетная длина, ширина и высота корпуса.

Для нахождения зависимости измерителя массы корпуса  $\psi_k$  от элементов судна отдельно для причальных понтонов и дебаркадеров были построены кривые  $\psi_k = f(LBH)$  – рис. 1 и 2 и с использованием метода наименьших квадратов найдены их аппроксимационные уравнения.

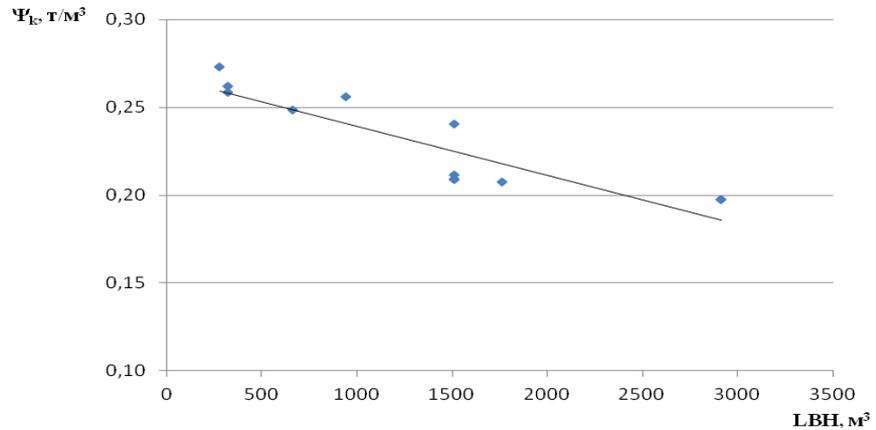


Рис. 1. Измеритель массы корпуса  $\psi_k$  причальных понтонов

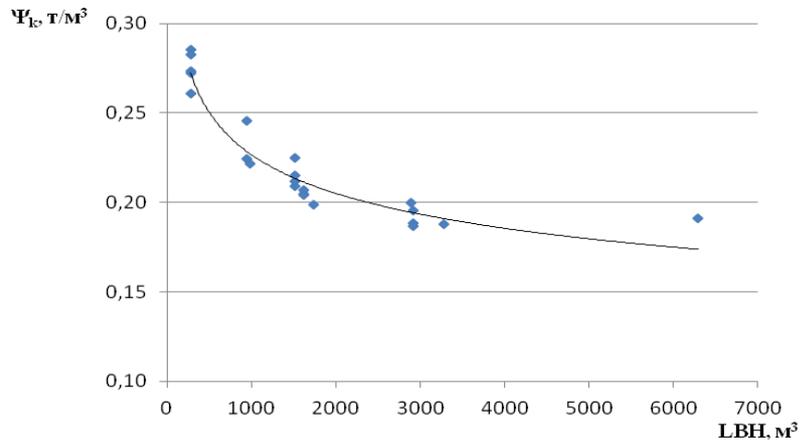


Рис. 2. Измеритель массы корпуса  $\psi_k$  дебаркадеров

Как видно из приведенных графиков, для железобетонных судов подтверждается известная зависимость уменьшения измерителя массы корпуса с увеличением размеров судна. Для причальных понтонов зависимость измерителя массы корпуса  $\psi_k$  от кубического модуля линейная. Для дебаркадеров же эта зависимость имеет характер степенной функции. Таким образом, измеритель массы корпуса  $\psi_k$  предлагается определять по следующим формулам:

– для рейдовых причальных понтонов

$$\psi_k = -0,3 \cdot 10^{-4} LBH + 0,27; \quad (3)$$

– для дебаркадеров

$$\psi_k = 0,6 LBH^{-0,14}. \quad (4)$$

В табл. 2 приведены результаты расчета массы корпуса по полученным формулам. В случае, если палуба судна рассчитана на восприятие значительных местных

нагрузок, таких как нагрузка от колес транспортных средств, задействованных в обслуживании судов (например, суда пр. 157(2)), значения  $\psi_k$ , рассчитанные по формулам (3) и (4), следует увеличить на 15 % [2].

Таблица 2

**Анализ точности расчета массы корпуса плавучих причалов  
и дебаркадеров по полученным формулам**

Проект	Масса корпуса $P_k$ , т		Погрешность, %
	фактическая	расчетная	
Плавучие причалы			
154	575	531,3	7,60
146(1)	82,7	83,3	0,69
146(2)	83,9	83,3	0,75
P24(1)	366	382,6	4,54
P24(2)	241	227,3	5,69
P66	164	165,0	0,62
123А	575	531,3	7,60
157(1)	364	339,4	6,76
157(3)	320	339,4	6,06
133Б	316	339,4	7,40
61	76,5	73,2	4,32
133(1)	316	339,4	7,40
133В	316	339,4	7,40
Дебаркадеры			
123/823	576	568,9	1,23
833	217	224,7	3,54
47	231	216,9	6,09
47Б	211	216,9	2,81
61А(1)	79,9	76,5	4,30
61А(2)	73	76,5	4,74
61А(3)	76,5	76,5	0,05
61Б	76,2	76,5	0,34
39	79,1	76,5	3,34
48	1202	1112,4	7,45
33	616	634,6	3,02
123	548	573,4	4,64
137(1)	544	573,4	5,41
137(2)	570	573,4	0,61
133-02(2)	325	326,3	0,39
10130	343	366,0	6,71
133А	316	326,3	3,25
133-02(1)	340	326,3	4,04
14	320	326,3	1,96
20	332	346,2	4,29
55	335	346,2	3,35
62(1)	331	346,2	4,60

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что средняя погрешность при определении массы корпуса причалов по полученным формулам не превышает 5%, для дебаркадеров – 4%.

На основании полученных значений можно сделать вывод о том, что по полученным формулам масса железобетонного корпуса определяется с достаточной для исследовательской стадии проектирования точностью.

### **Выводы**

1. В результате проведенного статистического анализа главных размерений и основных характеристик рейдовых причалов и дебаркадеров получены формулы для расчета измерителя массы железобетонного корпуса, который в последующем используется для определения массы корпуса.

2. Проведенный анализ точности расчета массы железобетонного корпуса с использованием полученных формул показал приемлемую для исследовательской стадии проектирования точность.

### **Список литературы:**

- [1] Ашик В.В. Проектирование судов: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. / В. В. Ашик. – Л.: Судостроение, 1985. – 320 с.
- [2] Синцов Г.М. Конструкция и прочность железобетонных судов / Г.М. Синцов [и др.]. – Л.: Судостроение, 1969. – 384 с.
- [3] Горохов М.С. Влияние параметров дисперсного армирования на трещиностойкость судовых конструкций из фибробетона / М.С. Горохов // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2014. – № 1 (23). – С. 68–73.

**И.А. Горохов**

*АО «Транснефть-Верхняя Волга»,*

**М.В. Горохова**

*ФГБОУ ВО «ВГУВТ»*

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА ПРИ НАЛИЧИИ ДЕФЕКТОВ МЕТАЛЛА**

Проводится анализ различных подходов к определению цикличности нагружения внутренним давлением участка магистрального трубопровода с дефектами металла для определения сроков его безопасной эксплуатации. Показано, что учет неравномерности цикличности загрузки секций нефтепроводов, по сравнению с существующей методикой, позволяет устанавливать очередность в приоритетах устранения дефектов, снижает затраты на ремонт нефтепровода.

В настоящее время в связи с увеличением объема перекачки нефти по магистральным трубопроводам (МТ) все больше внимания уделяется обеспечению безаварийной и рациональной работе всей нефтеперекачивающей системы. Однако в связи со старением нефтепроводов запас прочности используемых в них труб сокращается. Любой МТ в процессе своей эксплуатации подвергается воздействию циклически изменяющихся нагрузок, работает в условиях нестабильных режимов, что приводит к постоянному накоплению повреждений и усталостному разрушению труб. Поэтому перепады давлений, наличие дефектов и повреждений, конструктивных концентраторов напряжений приводит к снижению остаточного ресурса МТ. Но именно цикличес-