

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕКОТОРЫХ ГРУЗОВЫХ СУДОВ В ОНЕЖСКОМ И ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРАХ БЕЗ ЛЮКОВЫХ ЗАКРЫТИЙ

С.Н. Гирин

*Волжский государственный университет водного транспорта,
г. Нижний Новгород, Россия*

Аннотация. Излагаются требования Правил Российского Речного Регистра об оснащении грузовых судов всех классов, эксплуатирующихся в бассейнах Онежского и Ладожского озер, люковыми закрытиями грузовых трюмов. Используется предусмотренная Правилами Речного Регистра возможность изъятия требований путем доказательства равной безопасности эксплуатации судов рассматриваемых проектов с люковыми закрытиями и без них. Рассматриваются баржи проектов 461Г, Р85, 81060, предназначенные для погрузки сыпучих грузов гидроналивом и не имеющие люковых закрытий грузовых трюмов. Для доказательства возможности их эксплуатации в указанных бассейнах без люковых закрытий используются результаты модельных испытаний судов в опытовом бассейне, а также теоретических расчетов общей прочности и аварийной остойчивости. Полученные результаты могут быть использованы судоходными компаниями, имеющими суда данных проектов.

Ключевые слова: бункерные суда, гидроналив, Правила Российского Речного Регистра, непотопляемость, общая прочность, испытания моделей, теоретические расчеты.

Введение

В последнем издании Правил Российского Речного Регистра [1] в ч. 0 «Классификация» появился п. 6.3.1, который гласит: «Самоходные и несамоходные сухогрузные суда внутреннего плавания всех классов, допускаемые к эксплуатации в Ладожском и Онежском озерах, должны быть оборудованы люковыми закрытиями, требования к которым изложены в 5.6 ч. II Правил».

В прежних изданиях Правил Речного Регистра требование оснащения грузовых судов люковыми закрытиями распространялось на суда класса «М» и суда более высоких классов. Вместе с тем следует отметить, что ранее Правила Речного Регистра относили Онежское и Ладожское озера к бассейнам разряда «М». Действующие Правила позволяют эксплуатировать в указанных озерах суда класса «О» на некоторых трассах с определенными ограничениями.

Допуск судов класса «О» к эксплуатации в Онежском и Ладожском озерах связано, в определенной мере, с улучшением качества метеопрогнозов, однако на сегодняшний день пока рано говорить о 100% оправдываемости прогнозов, поэтому понятна озабоченность Главного Управления Российского Речного Регистра безопасностью эксплуатации открытых судов в бассейнах, в которых высота волны может достигать значительных размеров.

В соответствии с указанным пунктом Главным управлением РРР предписано судовладельцам установить люковые закрытия на комингсах грузовых люков всех судов, эксплуатация которых планируется в Онежском и Ладожском озерах, включая баржи проектов: 461Г(А), 461Г, Р-85А, 81060. Баржи указанных проектов предусматривают возможность погрузки песчано-гравийных смесей (ПГС) гидроналивом. При таком способе погрузка осуществляется до полного заполнения грузового трюма по верх комингса. Очевидно, что в этом случае дальнейшее попадание воды в грузовой трюм невозможно. Вместе с тем, эти суда используются и для перевозки крупнофракционного щебня горками. В этом случае в процессе транспортировки в грузовой трюм может попасть вода при забрызгивании на волнении или при сильном ливне.

Как известно, Российский Речной Регистр допускает отступления от требований Правил, если ему будут представлены доказательства равной безопасности эксплуатации поднадзорных объектов, спроектированных по Правилам и с отступлениями от Правил. В частности, п.1.6 ч.0 «Классификация» ПКПС гласит: «При наличии в технической документации замен, равноценных требованиям Правил, организация, являющаяся разработчиком технической документации, представляет Речному Регистру их перечень с изложением их содержания и технических обоснований».

Таким образом, целью настоящей работы является обоснование возможности эксплуатации перечисленных барж в бассейнах Ладожского и Онежского озер без люковых закрытий грузового бункера.

1. Особенности конструкции рассматриваемых барж

Схема общего расположения одной из рассматриваемых барж показана на рис. 1, заимствованном из справочника по серийным транспортным судам, в котором также записано, что эти суда «..предназначены

для перевозки песка, перегружаемого средствами гидромеханизации, а также других сыпучих минерально-строительных материалов, перегружаемых кранами и другими средствами». Таким образом, эти суда не являются сухогрузными судами. По определению, представленному в Правилах [1]: «Сухогрузное судно – судно, предназначенное для перевозки различных сухих грузов (генеральных грузов, контейнеров, леса, грузов насыпью, автомобилей без людей и т.п.)», поэтому, строго говоря, на них не должно распространяться требование п.6.3.1 ч.0 «Классификация» [1].



Рис. 1. Схема общего вида баржи пр.461Г

Основные характеристики корпусов рассматриваемых судов, представляющие интерес для настоящего исследования, представлены в табл. 1.

Из таблицы следует, что объемы грузовых бункеров барж рассчитаны на погрузку гидроналивом песка до полной грузоподъемности. Плотность мокрого песка составляет примерно $2,0 \text{ т/м}^3$. Вместимость бункера барж пр. 461Г составляет 1500 м^3 , следовательно, бункер вмещает 3000 т мокрого песка, что соответствует грузоподъемности баржи. Аналогично – для остальных проектов.

Таким образом, при перевозке мокрого песка попадание воды в грузовой трюм при отсутствии люковых закрытий грузового бункера не изменяет посадку судна, предусмотренной проектом, т.е. судно сохраняет осадку, соответствующую полной грузоподъемности.

Таблица 1

Характеристики корпуса рассматриваемых барж

Характеристика	Номер проекта баржи		
	461Г	P85	81060
Длина расчетная, м	84,6	86,7	107
Ширина расчетная, м	14,0	14,0	14
Высота борта, м	4,5	3,5	4,5
Высота надводного борта, м	1,3	0,82	0,75
Грузоподъемность, т	3000	2500	4500
Осадка при заданной грузоподъемности, м	3,22	2,68	3,75
Грузоподъемность на 1 см осадки	11,2	11,95	14,9
Вместимость грузового бункера, м^3	1500	1280	2285
Размеры бункера в плане по верху комингса, м	70,2×7,35	73,2×8,2	87,8×8,2
Размеры бункера в плане по днищу, м	65,4×4,53	70,2×2,3	87,8×4,5

Погрузка минерально-строительных грузов кранами осуществляется, преимущественно, горками. Значения удельных погрузочных объемов некоторых фракций щебня и гранита приведены в табл. 2.

Таблица 2

Удельные погрузочные объемы

Вид груза	Удельный погрузочный
-----------	----------------------

	объем, м ³ /т
Щебень 5×20	0,57
Щебень 20×40	0,60
Щебень 20×40	0,65
Щебень 70×240	0,71
Отсев гранитный	0,55

Наиболее опасной с позиций непотопляемости и общей продольной прочности является перевозка крупно-фракционного щебня с удельным погрузочным объемом 0,71 м³/т и плотностью 1,4 т/м³. В этом случае в грузовом бункере размещается часть груза, остальная часть располагается над бункером в виде конусной горки.

В бункере баржи пр.461Г разместится $1500 \times 1,4 = 2100$ т груза; 900 т располагается в конусных частях горок над бункером. Одна тонна щебня занимает 0,71 м³ грузового бункера. Плотность гранита составляет 2,6–2,8 т/м³, следовательно, одна тонна цельного гранита занимает 0,36 м³. Таким образом, в одной тонне щебня с удельным погрузочным объемом 0,71 м³/т имеется 0,35 м³ воздуха. При забрызгивании трюма на волнении это пространство заполнится водой, т.е. в трюм будет принято дополнительно $0,35 \times 2100 = 735$ т воды. В соответствии с табл. 1 грузоподъемность на 1 см осадки в районе грузовой ватерлинии составляет 11,2 т, следовательно, дополнительная осадка с принятой водой составит $735/11,2 = 65,6$ см. При этом высота надводного борта составит $130 - 65,6 = 64,4$ см.

В бункере баржи пр. Р85А размещается $1280 \times 1,4 = 1792$ т груза (708 т располагается в конусных частях горок над бункером). Масса воды, попадаемой в грузовой бункер на волнении, может достигать величины $1792 \times 0,35 = 627$ т. Дополнительная осадка составит $627/11,95 = 52,5$ см. Высота надводного борта равна $82 - 52,5 = 29,5$ см.

В бункере баржи пр.81060 размещается $2285 \times 1,4 = 3199$ т груза (1301 т располагается в конусных частях горок над бункером). Масса воды, которая может попасть в бункер на волнении, составляет $3199 \times 0,35 = 1120$ т. Дополнительная осадка составит $1120/14,9 = 75$ см. Высота надводного борта будет равна $75 - 75 = 0$ см.

Таким образом, во всех случаях остается некоторый запас надводного борта и, следовательно, запас водоизмещения, т.е. баржи остаются на плаву при самом неблагоприятном нагружении.

2. Испытания моделей барж в опытовом бассейне

Для исследования поведения судов на волнении были проведены испытания моделей в опытовом бассейне ВГУВТ.

Были изготовлены модели барж пр.461Г и Р-85А в масштабе 1:50. Принят наиболее жесткий характер нагружения модели стальными грузами до необходимой осадки. Волнение создавалось с помощью волнопродуктора. Размеры волны можно было наблюдать на мерной шкале стенки бассейна (рис. 2). Ординаты волны измерялись с помощью поплавка и фиксировались в памяти компьютера (рис. 3).

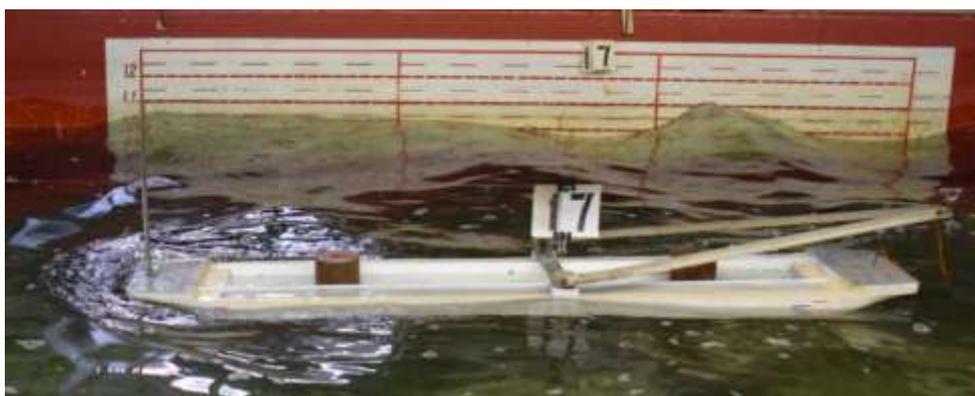


Рис. 2. Положение модели на волнении

В процессе испытаний осуществлялись фото- и видеозаписи. При движении модели баржи пр.461Г на волнении с максимальной высотой до 40 мм, что соответствует реальной волне высотой до 2,0 м попадание воды в бункер либо не наблюдалось, либо было в пределе 0,1 л за время пробега. При максимальной волне, находящейся в пределах 40–54 мм, что соответствует реальной волне 2,0–2,7 м наблюдалось умеренное попадание воды до 1,5 л за время пробега. При высоте волны более 54 мм (2,7 м реальной волны) наблюдалось интенсивное заливание трюма водой, однако при полном заполнении трюма баржа оставалась на плаву даже при большей интенсивности волнения.

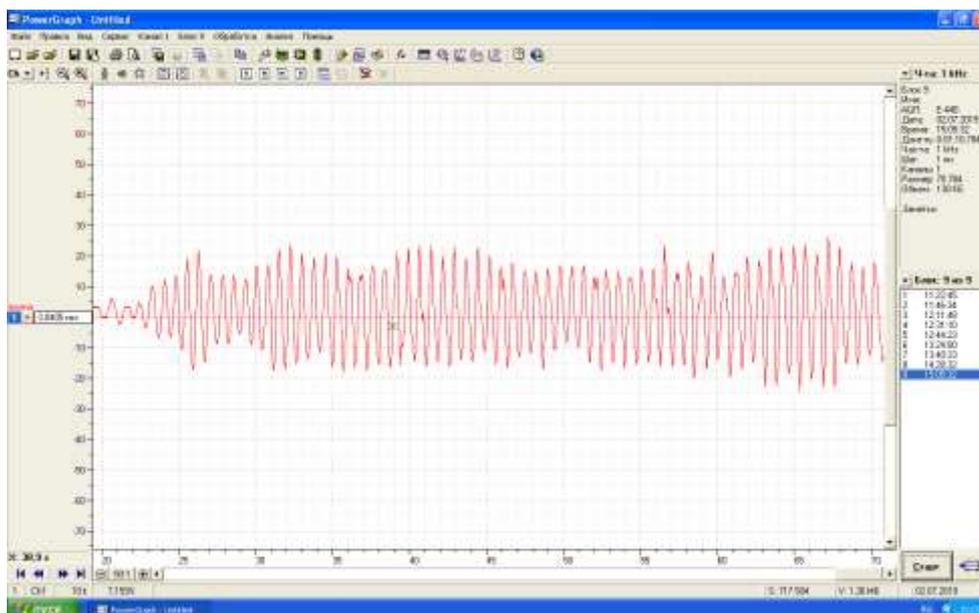


Рис. 3. Пример записи волнового процесса

При полной грузоподъемности, смоделированной стальными грузами, и полном заполнении грузового бункера водой баржа пр.461Г остается устойчивой даже при углах крена, превышающих 45 градусов, когда один из бортов полностью выходит из воды. Баржа не теряет устойчивости при положении лагом к волне при волнении более 54 мм (рис. 4).



Рис. 4. Проверка устойчивости модели в положении «лагом к волне»

Таким образом, испытания модели баржи пр.461Г показали, что она остается на плаву при полной грузоподъемности, смоделированной стальными грузами, с заполненным водой грузовым бункером, при этом сохраняется устойчивость на волнении высотой волны, значительно превышающей 40 мм (2,0 м реальной волны) даже при наиболее неблагоприятном положении лагом к волне.

Баржа пр. Р-85А имеет меньший по сравнению с пр.461Г запас надводного борта и у нее отсутствуют бак и ют, однако, она имеет несколько большую высоту комингсов грузового бункера. Суммарные значения высоты комингса и запаса надводного борта у этих барж примерно одинаковы. Вместе с тем, отсутствие бака и юта значительно ухудшают ее поведение на волнении по сравнению с баржей пр.461Г.

При высотах волн до 40 мм наблюдалась умеренная заливаемость грузового бункера в пределах 1,5 л за один пробег. Это соответствует примерно 190 т воды на 2,5 км пути, т.е. за 0,5 часа движения на волнении. При высотах волн, превышающих 40 мм, грузовой бункер полностью заливается за один пробег в опытном бассейне.

При полной грузоподъемности модели, смоделированной стальными грузами, и залитом водой грузовым бункером модель остается на плаву. Устойчивость модели также обеспечена при статическом наклонении на угол до 40 градусов, а также при нахождении модели лагом к волне. При загрузке модели песком устойчивость ее улучшается. Устойчивость сохраняется даже при таком наклонении ее, когда один из бортов полностью выходит из воды.

3. Оценка возможного режима волнения на трассах в южной части Ладожского озера и западно-южной части Онежского озера¹

По информации, предоставленной судовладельцем, наиболее протяженными трассами эксплуатации перечисленных барж являются:

- в Ладожском озере – переход от устья р. Свирица до п. Шлиссельбург, протяженность которого составляет 120 км;
- в Онежском озере – переход от Уйской губы до устья р. Вытегра, протяженность которого составляет 128 км.

Рассматриваемая трасса в Ладожском озере квалифицируется в [1], как внутренние водные пути разряда «О» в период с мая по сентябрь включительно, в который суда класса «О 2,0» допускаются к плаванию с ограничением по волнению $h_{3\%} \leq 1,5$ м ($h_{1\%} \leq 1,73$ м), а в Онежском озере на рассматриваемой трассе суда класса «О 2,0» допускаются к плаванию без дополнительных ограничений.

В процессе эксплуатации возможна ситуация, когда судно будет вынуждено уходить с трассы в ближайшее место убежища из-за реализации опасной ошибки в благоприятном прогнозе волнения. В этом случае судно может начать уход в место убежища с произвольной точки трассы. Наиболее неблагоприятным является принятие решения об уходе в место убежища с точки трассы, характеризуемой наибольшим удалением от места убежища. При выполнении оценки максимально возможного волнения при уходе с трассы в место убежища максимальное удаление от места убежища принято равным 60 км (переход в Ладожском озере от п. Шлиссельбург до устья р. Свирь), так как на несколько более протяженной трассе в Онежском озере (Уйская губа – устье р. Вытегра) есть возможность укрытия в промежуточном месте убежища (п. Вознесенье, исток р. Свирь).

По информации, предоставленной судовладельцем, время прохождения любой из рассматриваемых трасс в условиях волнения не превышает 13 часов. С учетом отмеченного, максимальное время ухода с трассы в ближайшее место убежища составляет 6,5 часов. Однако вероятность ухода с наиболее удаленной точки трассы при неоправданном благоприятном прогнозе волнения достаточно мала. Полагается, что принятие судоводителем решения о прекращении движения по трассе и уходе в ближайшее место убежища возможно с равной вероятностью с любой точки трассы. В связи с отмеченным, оценка максимального режима волнения, на которое может попасть судно в экстремальной ситуации (реализация опасной ошибки в благоприятном прогнозе волнении) оценивалась при расчетном времени ухода в место убежища, равном 6,5 часов (максимально возможно удаление от места убежища при движении по рассматриваемой трассе), а также при движении до места убежища в течение 4-х и 2-х часов (уход в место убежища с промежуточных точек трассы, отстоящих от места убежища на меньшее расстояние).

В относительно современных исследованиях [2–4] не приводятся данные по долгосрочным распределениям вероятностей скоростей ветра. Такие данные содержатся лишь в работе [5], изданной достаточно давно (1966 г.) и построенной на обобщении результатов наблюдений за 1957–1963 годы. По данным [5] скорость ветра w^* , определяемая как скорость ветра, полученная осреднением данных наблюдения за 10 минут на высоте 10 метров и имеющая обеспеченность (вероятность превышения) 5%, в рассматриваемый в [5] навигационный период составляет:

- для южной части Ладожского озера (данные наблюдения по маяку Сухо) – $w^* \approx 14,6$ м/с;
- для юго-западной части Онежского озера (данные по п. Вознесенье) – $w^* \approx 17,8$ м/с.

При этом отмечается, что скорость ветра w^* традиционно принималась в качестве расчетной в работах АО «ЦНИИМФ» и ЦРП РРР по классификации прибрежных морских районах и разработке требований к волновым общим и местным волновым нагрузкам судов смешанного плавания с классом РРР.

Следует отметить, что приведенные выше данные по w^* имеют значительную тенденцию к завышению по следующим причинам. Рассмотренный в [5] физический период навигации значительно выходит за сезон май–сентябрь, рассматриваемый в настоящей работе. Возможность развития экстремального волнения на рассматриваемых трассах в южной части Ладожского озера и юго-западной части Онежского озера во многом зависит от направления развития волнения (действия ветра). При направлении развития волнения с южных направлений на переходе от п. Шлиссельбург до устья реки Свирица в Ладожском озере возможность развития волнения будет ограничена достаточно умеренными глубинами и ограниченными разгонами волн. Аналогично, по тем же причинам, возможность развития волнения на переходе в Онежском озере от Уйской губы до устья р. Вытегра будет ограничена при развитии с западных направлений.

С учетом достаточно устаревших данных по долгосрочным характеристикам ветра на рассматриваемых трассах в Ладожском и Онежском озерах в работе [6] было предложено ориентироваться на расчетные скорости ветра, регламентируемые [7] при проверке остойчивости судов класса «О» по основному критерию. Так, в соответствии с [7], для судов 461Г; 461Г(А); Р-85А; 8106 класса «О 2,0» предельное ограничение скорости ветра в порыве принимается равной 21 м/с. Однако для оценки динамики развития волнения в существующие расчетные зависимости, приведенные, например, в [8], ориентированы на скорости ветра, полученные осреднением за 10 мин. на высоте 10 м/с. Согласно методике пересчета,

¹ Используются результаты, полученные к.т.н. Ю.И. Ефименковым

приведенной в [9], осредненная за 10 мин. скорость ветра, при регламентированной скорости в порыве 21 м/с составит 17,3 м/с.

Для оценки развития возможного волнения использована зависимость, приведенная в [8]. При этом учитывалось ограничение, обусловленное установившимся волнением, определяемым по следующей зависимости:

$$\frac{g\bar{h}}{w^2} = 0,16 \left\{ 1 - \left[\frac{1}{1 + 6 \cdot 10^{-3} (\tilde{x})^{0,5}} \right]^2 \right\} \times th \left\{ \frac{0,625 \left(\frac{gH}{w^2} \right)^{0,8}}{1 - \left[\frac{1}{1 + 6 \cdot 10^{-3} (\tilde{x})^{0,5}} \right]^2} \right\}, \quad (3.1)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $\tilde{x} = \frac{gX}{w^2}$; H – глубина акватории.

Результаты расчета максимального режима волнения при различном времени ухода судна с трассы в место убежища. а также при различных скоростях ветра представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Оценка максимально возможно режима волнения $h_{3\%}^{\max}$,
на которое может попасть буксируемое судно при уходе в место убежища**

Расчетное время ухода с трассы, часы	Расчетная скорость ветра, м/с	Максимальный режим волнения $h_{3\%}^{\max}$, м
6.5	17,6	4,64
	14,6	3,45
	12,0	2,83
4.0	17,6	3,78
	14,6	2,82
	12,0	2,07
2.0	17,6	2,83
	14,6	2,10
	12,0	1,54

Для судов, допускаемых к эксплуатации с достаточно жесткими погодными ограничениями, возможность попадания на экстремальные режимы волнения определяются, в первую очередь, надежностью прогнозов волнения. Имеющиеся сведения по надежности прогнозов волнения были обобщены, в частности, ранее в работе АО «ЦНИИМФ» [10]. В этой работе, также и в ранее практических работах по классификации прибрежных морских района для судов с классом PPP, предлагалось использовать для описания условной плотности распределения вероятностей реализации фактических режимов волнения $h_{3\%}$ при фиксированной прогнозной высоте волны $h_{3\%}^{\text{пр}}$ закон Релея, записываемый в виде:

$$Q(h_{3\%} | h_{3\%}^{\text{пр}}) = \exp(-(h_{3\%})^2 / E), \quad (3.2)$$

где E – второй начальный момент распределения.

Результаты ранее проведенных в ЛИВТе и АО «ИЦС» (НПО «Судостроение») исследований позволили определить параметр E , как функцию от режимной характеристики волнения $h_{3\%}^{5\%}$ и прогнозируемой высоты волны $h_{3\%}^{\text{пр}}$.

Применительно к рассматриваемым условиям эксплуатации судов класса «O2,0» в прибрежных районах южной части Ладожского и Онежского озера принимается $h_{3\%}^{5\%} \approx 2,0$ м. При этом рассматриваются следующие погодные ограничения:

$$\begin{aligned} h_{3\%}^{\text{пр}} = 1,75 \text{ м} (h_{1\%}^{\text{пр}} = 2,0 \text{ м}) - E^{0,5} / h_{3\%}^{\text{пр}} = 0,8, \quad E^{0,5} = 1,4 \text{ м}, \quad E = 1,960 \text{ м}^2; \\ h_{3\%}^{\text{пр}} = 1,5 \text{ м} - E^{0,5} / h_{3\%}^{\text{пр}} = 0,85, \quad E^{0,5} = 1,275 \text{ м}, \quad E = 1,626 \text{ м}^2; \\ h_{3\%}^{\text{пр}} = 1,25 \text{ м} - E^{0,5} / h_{3\%}^{\text{пр}} = 0,9, \quad E^{0,5} = 1,125 \text{ м}, \quad E = 1,266 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Вероятности реализации фактических режимов волнения $h_{3\%}$ при различных прогнозируемых высотах волн $h_{3\%}^{\text{пр}}$ и режимной характеристики волнения $h_{3\%}^{5\%} \approx 2,0$ м. представлены в табл. 4.

Оценка вероятностей реализации фактических режимов волнения $h_{3\%}$ при различных прогнозируемых высотах волн $h_{3\%}^{пр}$ на рассматриваемых трассах в южной части Ладожского озера и юго-западной части Онежского озера ($h_{3\%}^{5\%} = 2,0$ м)

$h_{3\%} (h_{1\%})$ м	$Q(h_{3\%} h_{3\%}^{пр})$ при $h_{3\%}^{пр}$, м		
	$h_{3\%}^{пр} = 1,75$ м ($h_{1\%}^{пр} \approx 2,0$ м)	$h_{3\%}^{пр} = 1,5$ м ($h_{1\%}^{пр} \approx 1,73$ м)	$h_{3\%}^{пр} = 1,25$ м ($h_{1\%}^{пр} \approx 1,44$ м)
1,75 (2,0)	0,210	0,152	0,089
2,0 (2,3)	0,130	0,085	0,042
2,5 (2,88)	0,041	0,021	0,007
3,0 (3,45)	0,019	0,004	0,001
3,5 (4,03)	0,002	0,0005	–

Результаты, представленные в табл. 4, показывают, что вероятность превышения высоты волны ($h_{1\%}$) = 2,0 м, при благоприятном прогнозе достаточно высока, поэтому должна быть учтена при планировании эксплуатации судов в рассматриваемых бассейнах. Развитие волнения зависит от скорости ветра, длины разгона волны и глубины акватории. Для наиболее протяженной трассы в Ладожском озере зависимость высоты волны от скорости и продолжительности действия ветра представлена в табл. 3, из которой следует, что умеренная заливаемость трюма открытых судов возможна при скорости ветра менее 12 м/с.

4. Теоретические расчеты общей прочности и аварийной остойчивости барж

В соответствии с Правилами Речного Регистра [1] и [7] суда, находящиеся в эксплуатации должны отвечать требованиям прочности и аварийной остойчивости.

При проверке общей продольной прочности должно выполняться неравенство

$$M_{пр.экс} \geq K_{годн} |M_p|,$$

где $M_{пр.экс}$ – предельный момент корпуса судна в эксплуатации, определенный с учетом износов и остаточных деформаций;

$K_{годн}$ – нормативное значение коэффициента запаса прочности для годного технического состояния, принимаемое для судов класса «О» равным 1,15;

$|M_p|$ – расчетный изгибающий момент.

Требования Правил РРР к аварийной посадке и остойчивости при затоплении отсеков изложены в 4.2 ПКПС, ч. II [7] и состоят в следующем:

- 1) предельная линия погружения не входит в воду;
- 2) нижние кромки открытых отверстий, через которые вода может распространяться в неповрежденные отсеки возвышаются над аварийной ватерлинией не менее чем на 0,075 м;
- 3) аварийная остойчивость соответствует требованиям:
 - значение поперечной метacentрической высоты при симметричном затоплении должно быть не менее 0,05 м;
 - значение максимального плеча диаграммы аварийной остойчивости не менее +0,1 м.

Выполнены расчеты для барж: 7666 пр.461Г; 7624 пр.461Г(А); 7675 пр.287/461Д; 7693 пр.Р85А; 7703 пр.81060 с учетом их технического состояния, отраженного в актах дефектации корпусов. Для всех перечисленных барж требования Правил выполняются.

Заключение

В соответствии с п.6.3.1 Правил Российского Речного Регистра ч.0 «Классификация» [1] самоходные и несамоходные сухогрузные суда внутреннего плавания всех классов, допускаемые к эксплуатации в Ладожском и Онежском озерах должны быть оборудованы люковыми закрытиями. Эта запись обусловлена опасениями Речного Регистра за безопасность эксплуатации судов, связанными с возможностью попадания воды в грузовой трюм при нахождении судна на взволнованной поверхности.

В настоящей работе на основании модельных испытаний подтверждена возможность попадания воды в грузовой трюм рассматриваемых проектов барж при волнении $h_{3\%} > 2,0$ м.

Теоретические исследования показали, что такое волнение может быть реализовано на используемых трассах даже при установленном ограничении на прогнозную высоту волны $h_{3\%} \leq 1,5$ м в результате неблагоприятной ошибки прогноза.

Достигнутая высота волны зависит от силы ветра, продолжительности его действия, протяженности разгона волны и глубины акватории. В работе показано, что при силе ветра менее 12 м/с высота волны $h_{3\%}$ не превысит 2,8 м при самых неблагоприятных сочетаниях условий плавания. В связи с этим можно рекомендовать учитывать в прогнозах не только высоту волны, но и указанную величину скорости ветра.

Испытания моделей показали их остойчивость с грузом металла, соответствующем погрузке по расчетную ватерлинию, и при последующем заполнении грузового бункера водой.

Теоретические расчеты подтвердили требования Правил Речного Регистра по обеспечению аварийной посадки и остойчивости при затоплении грузового трюма с грузом щебня массой, соответствующей полной грузоподъемности, и максимальным погрузочным объемом 0,71 м³/т. При этом для рассмотренных барж выполняется также требование Правил по обеспечению общей прочности по предельному моменту.

Выполненные исследования, на наш взгляд, являются основанием для составления заявки со стороны судовладельца к Российскому Речному Регистру по изъятию требования установки люковых закрытий рассмотренных судов при их эксплуатации в бассейнах Онежского и Ладожского озер.

Список литературы:

1. Российский Речной Регистр. Правила классификации и постройки судов. Том 1. Часть 0. «Классификация». М. 2019.
2. СПбГУ. Режим волнения в Ладожском озере. Рук. работы з.д.н., д.г.н., проф. Л.И. Лопатухин. СПб. – 2004.
3. ГУ «ААНИИ». Уточнение разрядности Онежского озера по сезонам навигационного времени. Рук. работы д.ф.-м.н. И.В. Лавренов. СПб. – 2006.
4. РосНТО Водного транспорта. Районирование Онежского озера по гидрометеорологическим условиям, определяющим безопасность судоходства для судов различных классов. Рук. работы д.г.н., проф. И.Н. Давидан. М. – 2000.
5. Зарбаилов А.Ю. «Ветроволновой режим и условия плавания на Ладожском и Онежском озерах». Труды ЦНИИЭВТ, вып. 43, «Транспорт», 1966.
6. ЗАО «ЦНИИМФ». Разработка требований для судов и плавучих объектов портового и рейдового плавания, находящихся на внутренних водных путях. № 253-Р153/2019-01. Отчет по этапу 1 договора № Р153/10. Рук. работы, к.т.н. Ефименков Ю.И. Ответственный исполнитель Онищенко И.С. СПб. 2019.
7. Российский Речной Регистр. Правила классификации и постройки судов. Том 2. Часть 2. «Остойчивость, непотопляемость, надводный борт». М. 2019.
8. Регистр СССР. Ветер и волны в океанах и морях. Справочные данные. Л. Транспорт. 1974 – 359 с.
9. Лопатухин Л.И. «Ветровое волнение», СПбГУ, СПб. – 2004.
10. ЗАО «ЦНИИМФ». Подготовка проекта изменений и дополнений в Правила Регистра в связи с введением в существующий список знаков ограничений района плавания знака R2-RSN(4,5). Рук. работы к.т.н. Ефименков Ю.И. СПб. – 2011.
11. Беляк Ю.Л. Освоение морских прибрежных районов судами внутреннего плавания. – М.: Транспорт, 1967.
12. ОАО «Инженерный центр судостроения. Классификация морских районов для судов смешанного (река-море) плавания, в том числе пассажирских и развозных. Отчет по договору № Р26/04-5616. Предложения по корректировке.

GROUPS FOR THE POSSIBILITY OF OPERATION OF SOME CARGO VESSELS IN ONEZHSKOE AND LADOZHSKOE LAKES WITHOUT HATCH COVERS

Stanislav N. Girin,

Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The requirements of the Rules of the Russian River Register on equipping cargo ships of all classes operating in the basins of Onega and Ladoga lakes with hatch covers for cargo holds are stated. The possibility of withdrawing the requirements on using hatch covers provided for by the Rules of the River Register is used by proving the equal operational safety of ships of the projects under consideration without hatch covers. The barges of projects 461G, R85, 81060, designed for loading bulk cargo by hydraulic filling and without hatch covers of cargo holds are considered. To prove the possibility of their operation in these basins without hatch covers, the results of model tests of ships in the experimental pool, as well as theoretical calculations of the total strength and emergency stability are used. The results obtained can be used by shipping companies that have vessels of these projects.

Keywords: bunker vessels, hydraulic filling, Rules of the Russian River Register, unsinkability, total strength, model tests, theoretical calculations.

References:

1. Rossijskij Rečnoj Registr. Pravila klassifikacii i postrojki sudov (Russian River Register. Rules for classifying and building ships). Tom 1. Chastj 0. «Klassificacia». M. 2019.
2. SPbGU. Regim volnenia v Ladogskom ozere (Disturbance mode in Ladoga Lake). Ruk. rabot prof. L.I. Lopatuhin. SPb. – 2004.

3. GU «AANII». Utochnenie razriadnosti Onegskogo ozera po sezonam navigacionnogo vremeni (Clarification of the discharge of Onega Lake by the seasons of navigational time). Ruk. robot dok. I.V. Lavrenov. SPb.-2006
4. RosNTO Vodnogo transporta. Rajonirovanie Onegskogo ozera po gidrometeorologicheskim usloviam, opredeliaychim bezopasnostj sudohodstva dlja sudov razlichnih klassov (Zoning of Onega Lake by hydrometeorological conditions that determine the safety of navigation for ships of different classes). Ruk. robot prof. I.N. Davidan. M.-2000.
5. Zarbailov A.J. Vetrovolnovoj rejim i uslovia plavanja na Ladogskom i Onegskom ozerax (Wind wave mode and swimming conditions on Ladoga and Onega lakes). Trudi CNIIEVT, vip. 43. «Transport», 1966.
6. ZAO «CNIIMF». Razrabotka trebovanij dlja sudov i plavuchih objektov portovogo i rejdovogo plavanja, nahodiachihsia na vnutrennih vodnih putiah (Develop requirements for ships and floating port and raid facilities on inland waterways). №253-R153/2019-01. Otchet po Etapu 1 dogovora №R153/10. Ruk. Efimenkov J.I. Otvetstvennij ispolnitel Onischenko I.S. SPb. 2019.
7. Rossijskij Rechnoj Registr. Pravila klassifikacii i postrojki sudov (Russian River Register. Rules for classifying and building ships). Tom 2. Chastj 2. «Ostojchivostj, nepotopliaemostij, nadvodnij bort». M. 2019.
8. Registr SSSR. Veter i volni v okeanah i moriah. Spravochnie dannie. (USSR Register. Wind and waves in the oceans and seas. Background). L.: Transport. 1974 – 359 s.
9. Lopatuhin L.I. «Vetrovoe volnenie» (Wind excitement). SPbGU, SPb.-2004.
10. ZAO «CNIIMF». Podgotovka proekta izmenenij i dopolnenij v pravila Registra v sviazi s vvedeniem v suchestvujchij spisok znakov ogranichenij rajona plavanja znaka R2-RSN(4,5) (Preparation of draft changes and additions to the Register Rules in connection with the introduction of R2-RSN (4,5) in the existing list of symbols of the R2-RSN swimming area (4,5). Ruk. Efimenkov J.I. SPb-2011.
11. Beljak J.L. Osvoenie morskikh pribregnih rajonov sudami vnutrennego plavanja (Development of marine coastal areas by inland vessels). – M.: Transport, 1967.
12. OAO «Ingenernij zentr sudostroenia». Klassifikacija morskikh rajonov dlja sudov smehannogo (reka-more) plavanja, v tom chisle passagirskih i razjezdnh (Classification of marine areas for mixed (river-sea) vessels, including passenger and travel vessels). Otchet po dogovoru №R26/04-5616. Predlogenia po korrektirovke.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гирин Станислав Николаевич, к.т.н., профессор,
профессор кафедры теории конструирования
инженерных сооружений, Волжский государственный
университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»),
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5,
e-mail: girin.sn@vsuwt.ru

Stanislav N. Girin, Ph.D. in Engineering Science, Professor
of the Department of theory design of engineering structures,
Volga State University of Water Transport,
5, Nesterov st, Nizhny Novgorod, 603951,