

**Н.М. Егоров, А.А. Мильто**

**Справочник по железобетонному  
судостроению**

**Суда внутреннего плавания**

УДК 030  
ББК 92  
Н11

Н11 **Н.М. Егоров**  
Справочник по железобетонному судостроению: Суда внутреннего плавания / Н.М. Егоров, А.А. Мильто – М.: Книга по Требованию, 2013. – 358 с.

**ISBN 978-5-458-45102-4**

В книге приводятся основные сведения об отечественных железобетонных судах внутреннего плавания, их технико-экономических показателях, материале, конструкции, прочности, технологии постройки и ремонта. Все приведенные сведения соответствуют Правилам Речного Регистра РСФСР, а также другим документам, действующим в железобетонном судостроении. Учтены результаты последних исследований и достижений в данной области. Книга предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, строительством и эксплуатацией железобетонных судов, а также для студентов кораблестроительных факультетов институтов.

**ISBN 978-5-458-45102-4**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2013  
© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



## **РАЗДЕЛ А**

# **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СУДАХ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ**

## **Глава 1**

### **Основные положения**

#### **§ 1. ОСОБЕННОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СУДОВ**

Железобетонное судостроение получило развитие в нашей стране после Октябрьской революции<sup>1</sup>. Первые серийные железобетонные суда внутреннего плавания строились в тридцатых годах на бывшей Рыбинской верфи. Более широкое строительство началось с 1946—1948 г., когда Городецкая, Костромская, Сокольская, Свирская, Шатилковская и Батуринская речные верфи стали специализироваться на железобетонном судостроении. В настоящее время в эксплуатации находится около 1000 различных железобетонных судов внутреннего плавания и количество их ежегодно увеличивается.

Наибольшего развития речное железобетонное судостроение достигло в шестидесятые годы после внедрения более совершенных способов постройки — секционнно-монолитного и секционного. В это же время в железобетонном судостроении нашли применение новые прогрессивные материалы, более технологичные и экономичные конструкции, завершилась разработка многих руководящих технических документов, в том числе и новых Правил постройки железобетонных судов внутреннего плавания Речного Регистра РСФСР. Созданное Городецкое центральное технологическое конструкторское бюро по железобетонному судостроению во многом способствовало расширению строительства железобетонных судов, улучшению их экономических показателей.

За рубежом железобетонные суда внутреннего плавания строились, в основном, в годы первой и второй мировых войн:

---

<sup>1</sup> Об истории развития железобетонного судостроения см. И. Н. С и в е р ц е в. Железобетонное судостроение, «Речной транспорт», 1959.

преимущественно это были небольшие сухогрузные баржи, опыт строительства и эксплуатации которых мало известен.

Развитие железобетонного судостроения обусловлено следующими преимуществами железобетонных судов по сравнению с металлическими.

1. Экономия металла за счет использования бетона и более рационального размещения стали в конструкции: на постройку корпуса железобетонного судна требуется в 1,5—3 раза меньше металла, чем для аналогичного стального судна. Кроме того, для поддержания железобетонного корпуса в исправном техническом состоянии во время эксплуатации на его ремонт требуется значительно меньше металла, чем для стального. В результате общий расход стали при использовании железобетона уменьшается примерно в 2—4 раза. Для железобетонных судов требуется менее дорогая сталь по сравнению с дефицитной листовой и профильной, используемой в металлическом судостроении.

2. Меньшие расходы по содержанию корпуса (в 6—10 раз). Судостроительный бетон с течением времени не разрушается, как сталь, под действием коррозии, не снижает прочностных и иных качеств. Благодаря этому железобетонные суда не требуют периодических ремонтов, докования или подъема на слип с целью обновления окраски, что обязательно для металлических судов.

3. Большая долговечность корпуса (в 1,5—2 раза). Вследствие указанных выше особенностей железобетонные суда при нормальной эксплуатации могут служить продолжительное время: для них более опасным является, по-видимому, моральный, а не физический износ. Условно срок службы железобетонных судов считается равным 70 годам, т. е. в 1,5—2 раза больше, чем стальных. Такой большой срок службы железобетонных судов уменьшает размеры амортизационных отчислений, что способствует снижению расходов по содержанию судов.

4. Простота ремонта повреждений. Ремонт повреждений корпуса железобетонного судна осуществляется в большинстве случаев силами команды, обычно без вывода судна из эксплуатации, что не всегда возможно при ремонте металлического судна.

5. Относительная простота, а в ряде случаев и большая дешевизна постройки при меньших капитальных вложениях на организацию производства. Особенно существенно это сказывается при серийном строительстве судов с небольшим механическим насыщением.

6. Более высокая пожаростойкость и, в ряде случаев, лучшая, чем у стальных судов, сопротивляемость вредному воздействию некоторых химических материалов.

В то же время железобетонные суда по сравнению с металлическими имеют следующие недостатки.

1. Бóльший вес корпуса судна (в 1,5—2,5 раза), в результате чего железобетонные суда имеют большую осадку или (при одинаковой осадке) большие главные размерения.

2. Пониженная сопротивляемость тонкостенных железобетонных конструкций динамическим, особенно сосредоточенным нагрузкам. Это имеет существенное значение для обшивки бортов и транцев, а также днища и грузовых настилов, подвергающихся при эксплуатации воздействию ударов (удары о выступающие части при швартовке, ледовые нагрузки, посадка на мель, удары грейфером при погрузке — разгрузке и пр.). Указанные нагрузки могут вызывать образование трещин, местные разрушения и сквозные пробоины, нарушающие водонепроницаемость, а иногда и прочность корпуса.

Обеспечение достаточной надежности судна в данном случае связано с утяжелением и усложнением конструкции корпуса, а также с необходимостью применения дополнительных защитных устройств.

3. Плохая приспособленность корпуса к модернизации или к усилению и изменению отдельных его элементов. Это обусловлено отсутствием простых и надежных способов присоединения к железобетону (специально не приспособленному для этого) новых конструкций.

4. Более высокие требования к обеспечению непотопляемости в связи с тем, что прочность наружной обшивки ниже, чем у стальных корпусов. Соблюдение общепринятых требований непотопляемости судов приводит в ряде случаев к необходимости увеличения количества водонепроницаемых переборок, что ухудшает использование внутренних помещений корпуса.

5. Большая зависимость постройки судна от климатических условий. При отрицательной температуре существенно осложняется, а иногда оказывается вообще невозможным выполнение бетонных работ — основных при строительстве железобетонного судна.

Приведенные особенности железобетонных судов являются определяющими при решении вопроса о рациональности применения железобетона в качестве судостроительного материала.

Для постройки судов преимущественно используют обычный железобетон, состоящий из тяжелого бетона (на естественных заполнителях) и арматуры из стали низкой или средней прочности, в результате чего железобетонные суда становятся тяжелыми и металлоемкими. Применение легкого бетона на искусственных заполнителях позволяет снизить вес корпуса на 15—20%, а использование высокопрочной арматуры в сочетании с предварительным напряжением бетона — сократить расход стали на 30—50% и бетона на 10—20% по сравнению с расходом этих же материалов при постройке судов из обычного железобетона. При предварительном напряжении бетона повышается ударная проч-

ность обшивки. Хотя применение легкого бетона и особенно предварительно напряженного железобетона немного усложняет постройку судов и повышает стоимость постройки, тем не менее их использование для судов внутреннего плавания считают перспективным. Для постройки небольших судов рационально использовать разновидность железобетона — армоцемент, при этом вес и металлоемкость корпуса снижается на 20—35%, а стоимость постройки немного увеличивается.

В настоящее время на железобетонных судах внутреннего плавания стали использовать железобетон и для изготовления надстроек. Такие надстройки могут быть одно- и двухъярусными. В отличие от деревянных для железобетонных надстроек характерны большой срок службы и высокая пожаростойкость, меньшие расходы по содержанию, высокая технологичность, меньшая стоимость постройки и материалов.

Основные недостатки железобетонных надстроек — большой вес и дополнительный расход металла.

Применение железобетона дает возможность создать надстройки более совершенного архитектурного вида, имеющих высокую долговечность. Кроме того, при постройке на верфи используют родственные материалы, одно и то же оборудование для изготовления корпуса и надстроек. На тех судах, где надстройки делают из железобетона, вызванное ими утяжеление обычно приводит к незначительному увеличению осадки (3—6 см).

## **§ 2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В РЕЧНОМ СУДОСТРОЕНИИ**

Железобетон целесообразно использовать в судостроении для постройки судов, увеличение собственного веса которых не приводит к существенному ухудшению их эксплуатационных качеств. К ним относятся различные типы стояночных судов с ограниченным передвижением (на зимний отстой и обратно). В большинстве случаев основной характеристикой таких судов является не грузоподъемность, а площадь палубы, размеры и кубатура надстройки и трюмов, длина причального борта и пр. При этом незначительное увеличение осадки судна или длины и ширины, вызванное утяжелением корпуса, не приводит к существенным отрицательным последствиям и вполне компенсируется отмеченными ранее преимуществами железобетона как судостроительного материала.

В составе речного флота количество стояночных судов значительно. Наиболее целесообразны для постройки из железобетона следующие типы стояночных судов внутреннего плавания:

а) дебаркадеры пассажирские, грузовые, служебные, специальные и прочие всех размерений;

- б) понтоны причальные, береговые, рейдовые, путейские, разных типов и размерений;
- в) плавучие склады, базы, рестораны, магазины;
- г) плавучие перегружатели различных грузов (нефти, цемента, стройматериалов, зерна, угля и пр.);
- д) брандвахты различных типов, плавучие общежития, дома отдыха и пр.;
- е) плавучие мастерские, плавучие доки, кессоны;
- ж) плавучие спортивные, лодочные, спасательные станции;
- з) бункеровочные станции и плавучие топливные склады;
- и) плавучие электростанции, станции для перекачки и подъема воды, компрессорные станции, санитарные и пр.;
- к) суда для добычи и обработки песка и гравия;
- л) суда для обеспечения строительных работ (плавучие бетонные, арматурные, ремонтные заводы, суда для размещения жилых, а также служебных санитарных, бытовых помещений и пр.).

Большинство указанных типов судов (а—ж) построено из железобетона, в ряде случаев крупными сериями и успешно эксплуатируется. Новые типы судов из железобетона находятся на опытной проверке, постройке или проектируются.

Многочисленная и долголетняя практика эксплуатации стояночных железобетонных судов показала их высокие качества. Возраст наиболее старых волжских железобетонных дебаркадеров длиной 65—85 м достигает 35—40 лет. Все это время они непрерывно эксплуатируются, обеспечивая швартовку судов (до 30 швартовок в день), водоизмещение которых иногда составляет более 2000 т, а длина более 100 м. Большинство указанных дебаркадеров находится в хорошем техническом состоянии<sup>1</sup>, их корпуса неводотечны, не подлежали ремонту, связанному с устранением износа, ни разу не доковались и ни разу не красились. Обычно их ремонт сводился к смене сгнивших деревянных привальных брусьев и заделке местных повреждений обшивки.

Характерно, что деревянные надстройки этих судов полностью заменялись, причем на некоторых судах — дважды. В отдельных случаях пожары полностью уничтожали деревянные надстройки, однако железобетонные корпуса при этом не получали повреждений и на них возводили новые надстройки.

Практика эксплуатации стояночных железобетонных судов показала, что их корпуса способны переносить значительные перегрузки, вызванные авариями, морскими перегонами, неправильным нагружением: возникающие повреждения обычно являются локальными и легко устраняются. Железобетонные корпуса хорошо воспринимают вибрационные нагрузки от работы установленных на них механизмов и имеют высокую жесткость.

<sup>1</sup> Известно всего два случая преждевременного выхода из строя железобетонных дебаркадеров ранней постройки вследствие разрушения их корпуса, вызванного применением некачественного материала при постройке.

В то же время практика эксплуатации показала, что некоторые стояночные железобетонные суда не обладают достаточной надежностью и долговечностью. Это прежде всего относится к корпусам плавучих железобетонных кранов грузоподъемностью 1,5 т постройки 1946—1955 гг.

В отличие от основной массы стояночных судов плавучие краны эксплуатируются в более тяжелых условиях: они часто передвигаются и ставятся на участках с ограниченными глубинами; их корпус подвергается постоянным динамическим нагрузкам от работы крана, ударов о соседние суда, дно и стенки набережных, а также от сбрасывания на палубу тяжелых захватных приспособлений. Все это не было учтено при проектировании первых железобетонных плавучих кранов (корпус не имел достаточного количества водонепроницаемых переборок, прочность обшивки бортов и скулы была недостаточной, использованный бетон — низкой марки), в результате чего корпуса нередко получали пробоины в районе бортов и скулы, теряли плавучесть и раньше времени выходили из строя.

У вновь созданного железобетонного корпуса плавучего крана грузоподъемностью 5 т указанные конструктивные недостатки понтона устранены и его надежность намного повысилась. В настоящее время такой кран находится в опытной эксплуатации.

Низкие эксплуатационные качества характерны для неудачно выполненных стояночных железобетонных судов, имеющих малую местную прочность обшивки, слабую защиту бортов и транцев, недостаточно надежное крепление к корпусу устройств и механизмов (например, брандвахты проекта № 70).

Надежность и долговечность железобетонных судов в большой степени определяется качеством их постройки и прежде всего качеством бетона. Известны многочисленные случаи, когда суда, выполненные по одному и тому же проекту, находятся в различном техническом состоянии только из-за неодинаковых условий постройки.

При использовании железобетона для постройки стояночных железобетонных судов необходимо учитывать следующее.

1. Наиболее эффективно железобетон применять для крупных судов с небольшим механическим насыщением, так как постройка их проще и дешевле. Суда с большим механическим насыщением и оборудованием, стоимость и металлоемкость корпуса которых в общем балансе строительной стоимости судна невелики, строить из железобетона менее рационально.

2. Эффективность использования железобетона намного повышается при серийной постройке судов одного типа, а также при использовании унифицированных корпусных конструкций для постройки судов различных типов. Для постройки единичных судов, особенно небольших размеров, необходимо изготовить боль-

шое количество специальной оснастки, в результате чего эффективность применения железобетона снижается.

3. Железобетонные суда, подвергающиеся при эксплуатации интенсивным сосредоточенным и динамическим нагрузкам, действующим на незащищенные элементы корпуса, оказываются менее надежными по сравнению с такими же судами, выполненными из стали. В связи с этим к использованию железобетона для постройки судов, работающих в тяжелых ледовых условиях, а также тех, палуба или грузовой настил которых подвергаются ударам грейферов, сильному механическому износу, следует относиться осмотрительно.

В нашей стране при постройке транспортных судов внутреннего плавания железобетон используют ограниченно. Это в основном баржи грузоподъемностью 500 *t*, железнодорожный паром грузоподъемностью 490 *t*, наливная баржа грузоподъемностью 1000 *t*, баржа-площадка грузоподъемностью 600 *t* и пр., часть из них — экспериментальные суда.

Большой собственный вес и недостаточная ударная прочность корпусов транспортных железобетонных судов приводит к тому, что их эксплуатационные качества и экономические показатели оказываются обычно значительно ниже, чем у стальных судов, и не компенсируются указанными выше положительными качествами железобетона. При этом особенно существенно сказывается недостаточная сопротивляемость железобетонной обшивки и грузовых настилов динамическим нагрузкам, которым транспортные суда подвергаются в большей степени, чем стояночные.

Применяемая на стояночных железобетонных судах защита бортов от ударов в виде сильно развитых привальных брусьев для транспортных судов оказывается менее эффективной и приводит к сильному увеличению сопротивления воды движению. Утолщение элементов корпуса или устройство двойных бортов и двойного дна в первом случае влечет за собой значительное утяжеление корпуса, а во втором — чрезмерное усложнение и удорожание постройки. Все построенные транспортные железобетонные суда, в основном из-за недостаточной сопротивляемости корпуса динамическим нагрузкам, не эксплуатируются по прямому назначению и в большинстве случаев используются как стояночные.

Выполненные исследования показали, что в случае обеспечения одинаковой степени надежности корпуса сухогрузные железобетонные баржи грузоподъемностью 1500—2000 *t* и более могут успешно конкурировать со стальными. Поскольку с ростом грузоподъемности доля собственного веса судна в общем балансе весовой нагрузки снижается, то и отрицательное утяжеление корпуса, неизбежное при использовании железобетона, оказывается менее значительным для крупных судов. Все отечественные

железобетонные сухогрузные баржи имели грузоподъемность значительно меньше указанной, что заранее предопределяло их худшие экономические показатели по сравнению со стальными судами.

Использование железобетона для строительства транспортных судов будет эффективно в том случае, если удастся значительно повысить сопротивляемость ударам и снизить вес корпуса. Решение этих важных вопросов, требующих разработки, до известной степени возможно за счет применения легкого предварительно напряженного железобетона, армоцемента или композитных конструкций на базе железобетон — сталь и пр. Использование обычного железобетона для строительства транспортных судов менее целесообразно и может быть оправдано только исключительными условиями (острый дефицит стали в условиях военного времени, увеличение тоннажа транспортного флота за счет использования мощностей железобетонного судостроения и пр.).

В дальнейшем железобетонные транспортные суда могут быть использованы для перевозки грузов с большим погрузочным объемом, у которых определяющей является не грузоподъемность, а кубатура трюмов или площадь палуб (баржи для перевозки леса, хлопка, контейнеров, скота; паромы разного назначения). Железобетонные суда целесообразно строить для перевозки грузов, вызывающих разрушения стального корпуса (некоторые химические грузы и удобрения).

В настоящее время специалисты не пришли к единому мнению о необходимости постройки транспортных железобетонных судов внутреннего плавания. Ответ на этот вопрос требует предварительного решения ряда сложных технических задач, разработке которых пока не уделяется должного внимания.

Железобетон в виде армоцемента получает все более широкое применение в мелком судостроении: постройка лодок, яхт, катеров и пр. По сравнению с деревянными, металлическими и пластмассовыми судами армоцементные суда при достаточно удовлетворительных эксплуатационных качествах значительно проще в постройке и дешевле. Подробные сведения о судах этого типа излагаются в специальной литературе<sup>1</sup>.

### **§ 3. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕЧНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СУДОВ**

Технико-экономические показатели основных железобетонных судов и их корпусов, построенных преимущественно за последние 20 лет по проектам ЦКТБ МСП, относятся в основном к серий-

---

<sup>1</sup> К. Л. Б и р ю к о в и ч и др. Мелкие суда из стеклоцемента и армоцемента. «Судостроение», 1965.

ным судам, выполненным из обычного тяжелого железобетона и к некоторым единичным (опытным) судам. Подробные сведения о всех этих судах приведены в гл. II.

Технико-экономические показатели подразделяются на следующие группы: а) весовые характеристики железобетонных судов и корпусов; б) расход основных материалов на железобетонный корпус; в) показатели трудоемкости и стоимости постройки железобетонных судов.

Дополнительно сопоставляются основные технико-экономические показатели железобетонных и стальных судов и корпусов.

а) Весовые характеристики железобетонных судов и корпусов даны для основных типов речных судов в табл. 1, откуда следует, что модуль веса железобетонных судов на  $1 \text{ м}^3 \text{ LBH}$  изменяется в пределах  $\rho_c = 0,20 \div 0,47$  и в большой степени зависит от типа судна и, в частности, от того, насколько сильно развита надстройка и как велики его оборудование и насыщение. С увеличением последних величина  $\rho_c$  возрастает.

Модуль веса корпуса железобетонных судов на  $1 \text{ м}^3$  изменяется в пределах  $\rho_k = 0,19 \div 0,28$ . Обычно он уменьшается с увеличением размеров корпуса. При использовании легкого бетона  $\rho_k$  уменьшится на 15—20%.

Некоторое различие величины  $\rho_k$  для одинаковых судов (например, дебаркадеров) объясняется разными требованиями, предъявляемыми к ним, а также различными конструктивными и технологическими решениями, принятыми в проектах.

Отношение веса железобетонного корпуса к весу железобетонного судна составляет 0,4—0,9 и зависит в основном от тех же факторов, которые влияют на величину  $\rho_c$ .

б) Расход основных материалов на железобетонный корпус для различных речных судов приведен в табл. 2. На  $1 \text{ м}^3 \text{ LBH}$  корпуса расход материалов составляет: бетона 0,07—0,10  $\text{ м}^3$ , арматуры 0,02—0,03  $\text{ т}$ , цемента 0,04—0,05  $\text{ т}$ . Вес арматуры в  $1 \text{ м}^3$  бетона конструкции корпуса составляет 0,24—0,40  $\text{ т}$ .

в) Показатели трудоемкости и стоимости постройки железобетонных судов даны в табл. 3 применительно к основным серийным судам (по данным ЦНИИТС).

По данным ЦКТБ трудоемкость корпуса составляет 0,4—0,6 трудоемкости постройки судна, трудоемкость  $1 \text{ м}^3$  железобетона в корпусе — 80—100 нормо-час.; стоимость  $1 \text{ м}^3$  железобетона в корпусе — 130—200 руб.

Сопоставление основных технико-экономических показателей железобетонных и стальных речных судов с одинаковыми корпусами и надстройками и насыщением приведено в табл. 4 (по данным ЦКТБ). В данном случае сопоставляются железобетонные суда из обычного тяжелого железобетона, стальные из Ст.3; надстройки в обоих случаях деревянные.

Весовые характеристики

Тип судна	Номер проекта	Размеры корпуса, м			$L \times B \times H, м^3$	Вес, т		$\frac{G_c}{G_k}$	$P_c = \frac{LBH}{G_c}, м/м^3$	$P_k = \frac{LBH}{G_k}, м/м^3$	Примечания
		L	B	H		судна $G_c$	корпуса $G_k$				
Дебаркадер	628 *	65	14	3,2	2910	1090	747	0,69	0,370	0,256	Набор полевой речной
»	33	65	14	3,6	3260	944	616	0,65	0,288	0,189	
»	62	45	12	3	1620	525	331	0,63	0,324	0,204	
»	47Б	35	9,6	2,8	940	325	265	0,81	0,346	0,282	
»	61	20	7	2	280	105	76	0,72	0,375	0,272	
Понтон	123А	65	14	3,2	2910	623	570	0,92	0,214	0,196	
»	133Б	45	12	2,8	1510	—	316	—	—	0,209	
»	P24	42	8	2,8	950	285	231	0,81	0,300	0,243	
»	146	20	8	2	320	100	82	0,82	0,313	0,261	
Брандвахта	70Б	35	9,6	2,8	940	260	181	0,70	0,276	0,192	
»	95	28	8,5	2,0	475	152	104	0,68	0,320	0,219	
Плавбаза	112	45	12	2,8	1510	—	327	—	—	0,217	Надстройка из железобетона