

Полученные уравнения таб. 2 позволяют в первом приближении, на ранних стадиях проектирования, а также на стадии подготовки тендерной документации определить главные размерения судна.

Уравнения описывающие зависимости  $W_{tr}=f(LBH)$

$$LBH = aW_n^2 + bW_n + c$$

Таблица 2

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Для Arc 4	0,0004	0,84	5746,6
Для Ice 3	-0,0008	11,61	-8273,6
Для Ice 2	0,0005	2,15	3149,7
Для Ice 1	-0,0001	3,36	3179,8

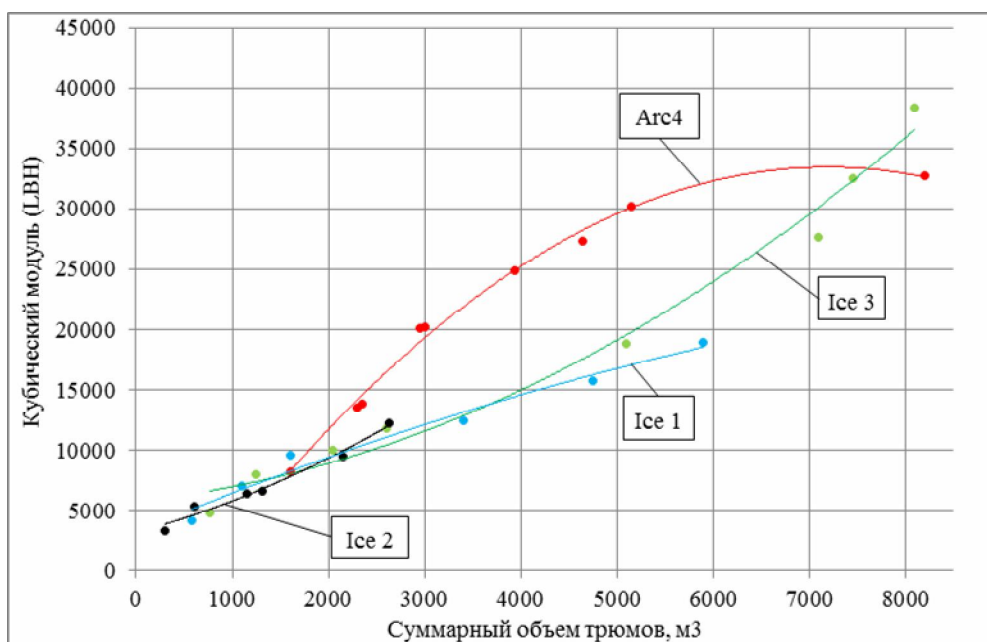


Рис. 1. Зависимость кубического модуля от суммарного объема трюмов

**С.Н. Гирин**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

### ПРОБЛЕМА СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ УСТАНОВКЕ ВТОРОГО ДНА НА Т/Х ТИПА «ЛЕНАНЕФТЬ»

В соответствии с техническим регламентом [1] суда, предназначенные для перевозки нефтеналивных грузов, должны иметь двойные борта и двойное дно. Суда, не отвечающие этим требованиям, не допускаются к эксплуатации на территории Российской Федерации с 2014 года.

Некоторые суда проекта Р79 типа «Ленанефть» имеют вторые борта, однако не имеют второго дна. Вместе с тем корпуса этих судов находятся в удовлетворительном состоянии, поэтому для их эксплуатации после 2013 года целесообразно выполнить установку второго дна.

В соответствии с Правилами Российского Речного Регистра [2] в районах окончания второго дна требуется установка фестонных книц, снижающих концентрацию напряжений. При проектировании новых конструкций обычно не возникает проблем с установкой таких книц, однако при модернизации эксплуатируемых корпусов их установка может быть весьма затруднительна, поскольку смежные с грузовыми отсеками насыщены механическим оборудованием, демонтаж которого требует весьма высоких затрат. Именно такая проблема возникает в случае модернизации рассматриваемых судов. В кормовой оконечности за грузовым отсеком располагается насосное отделение, в котором установка фестонов весьма нежелательна. Правда на части ширины рядом с насосным отделением располагаются топливные цистерны, в которых, в принципе, можно установить кницы, однако насколько эффективно они будут работать, трудно предположить.

Следует отметить, что рекомендации по установке фестонных книц, содержащиеся в Правилах [2], носят умозрительный характер, не основанный на результатах расчетов. По крайней мере, нам не известны публикации, в которых содержались бы данные по напряженному состоянию конструкций второго дна в районах окончания при различном конструктивном оформлении этих окончаний. В связи с этим нами в процессе разработки проекта модернизации т/х типа «Ленанефть» выполнен анализ напряженного состояния конструкции корпуса судна с двойным дном методом конечных элементов с использованием программного комплекса «ИСПА», который неоднократно ранее использовался при решении подобного рода задач.

На рис. 1. показана схема разбивки корпуса на конечные элементы, схема нагружения и характер общей деформации конструкции. Рассматривается половина конструкции с учетом симметрии относительно диаметральной плоскости, ограниченная концевыми поперечными переборками, установленными в носовой и кормовой оконечностях. Нагружение корпуса осуществлено по схеме чистого изгиба моментом 92 МН·м. Для этого кормовая переборка корпуса жестко закреплена, а в носовой оконечности по плоскостям палубы и днища приложена самоуравновешенная система сил, создающая указанный выше момент. При моделировании корпуса использованы четырехугольные и треугольные конечные элементы оболочечного типа. Белыми линиями на схеме показаны стержневые элементы, которыми смоделированы продольные холостые балки корпуса, а также полки рамного набора.

На рис. 3 показаны поля эквивалентных напряжений в корпусе при указанном выше изгибающем моменте. Из рисунка следует, что в палубе в районе цилиндрической вставки напряжения составляют около 125 МПа, в днище – 90-95 МПа, во втором дне – 42 МПа.

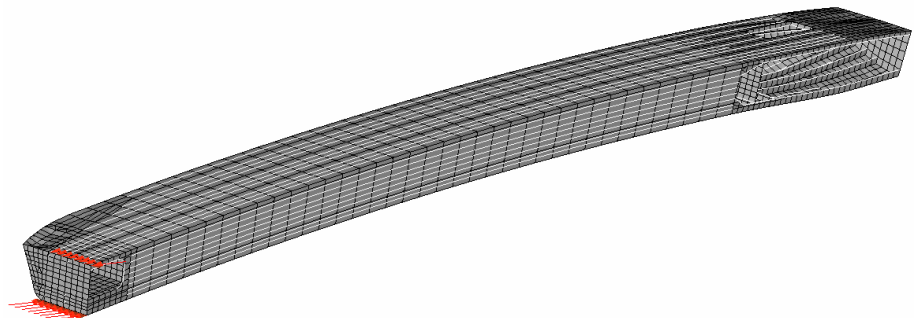


Рис. 1. Схема нагружения и разбивки корпуса на конечные элементы

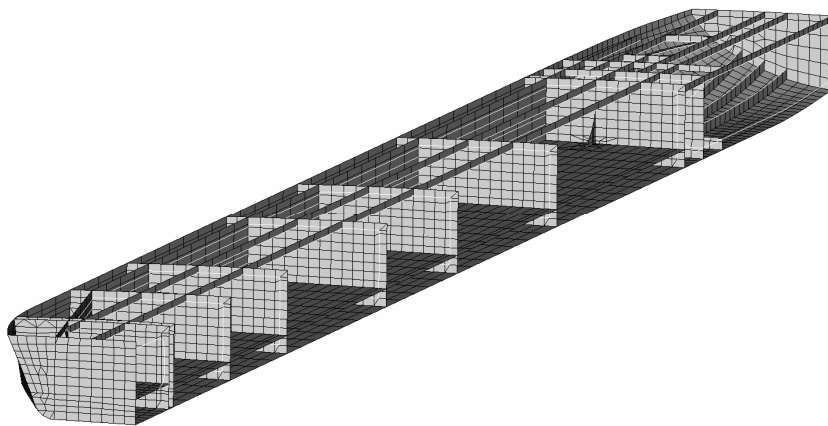


Рис. 2. Схема корпуса со снятой палубой и продольной переборкой

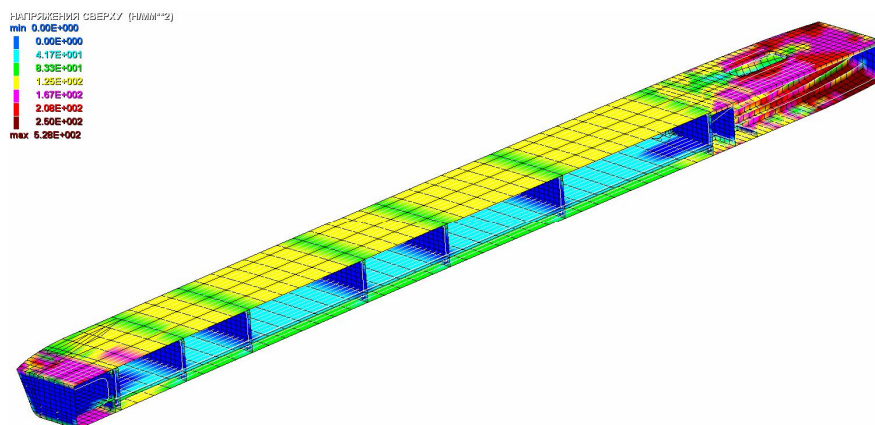


Рис. 3. Поля напряжений в корпусе

Следует отметить, что на схеме в районе поперечных переборок просматриваются зоны пониженных напряжений. Это не соответствует действительности, а является особенностью программного комплекса «ИСПА», в котором в узлах осредняются значения напряжений в смежных элементах. Поскольку в переборках при заданной схеме нагружения напряжения равны нулю, в узлах, прилегающих к переборкам, напряжения получаются заниженными.

В машинном отделении в районе кормовой переборки просматриваются весьма значительные напряжения, что является следствием принятой расчетной схемы. Поскольку в этом районе конструкция изменений не претерпевает и напряженное состояние не вызывает интереса, расчетная схема недостаточно подробно проработана. В ней отсутствуют поперечные связи, которые уменьшают деформации пластин в районе машинного отделения. Кроме того, в оконечностях изгибающий момент стремится к нулю, а на расчетной схеме он принят постоянным.

На рис. 4 показаны поля напряжений в носовой оконечности в районе окончания второго дна. Из рисунка следует, что наиболее напряженной является область вокруг точки пересечения второго дна, второго борта и поперечной переборки, однако уровень напряжения в ней соответствует уровню напряжений в палубе, поэтому в носовой оконечности установка фестонных книц не требуется.

На рис. 5 представлены поля напряжений в комовой части грузового трюма, на которых явно видна область высокой концентрации напряжений в районе «жесткой» точки пересечения второго дна, поперечной переборки и стенки топливной цистерны.

Для снижения уровня концентрации напряжений было рассмотрено несколько вариантов подкрепления.

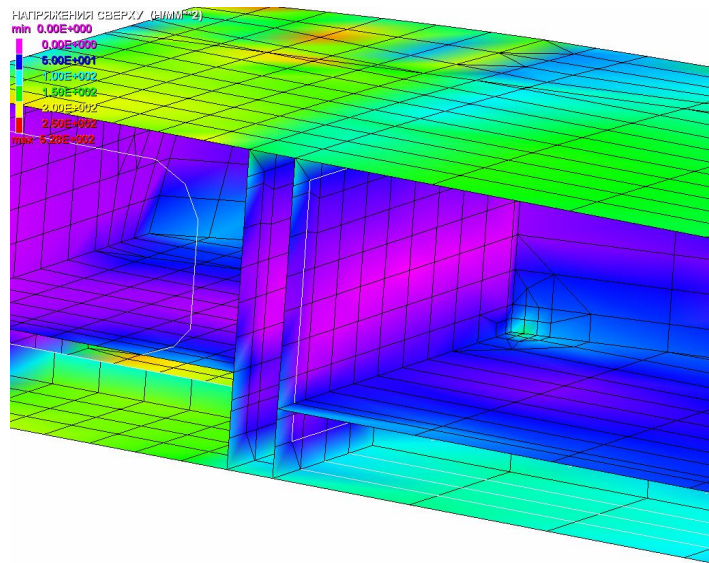


Рис. 4. Поля напряжений в носовой оконечности в районе окончания второго дна

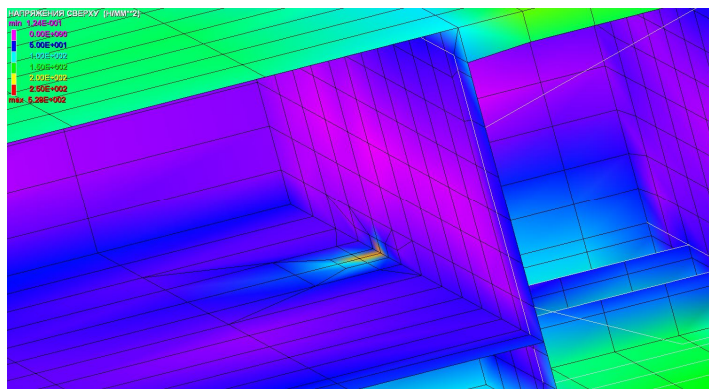


Рис. 5. Поля напряжений в кормовой части грузового трюма

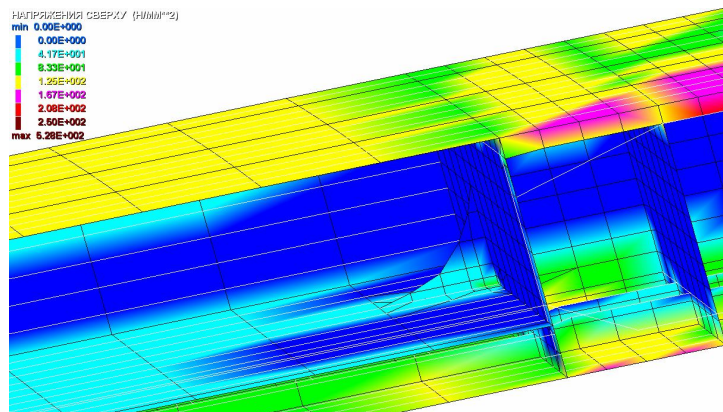


Рис. 6. Поля напряжений в кормовой части грузового трюма при установленной книце

Наиболее приемлемым нам представляется вариант установки вертикальной кницы, показанной на рис.6. Как видно, уровень напряжений в этой области не превышает уровня напряжений в днище. Установка такой кницы легко выполнима в процессе установки второго дна и не затрагивает конструкций насосного отделения.

#### Список литературы:

- [1] Технический регламент о безопасности объектов внутреннего водного транспорта. Сборник документов. – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2012.-226 с.  
[2] Российский Речной Регистр. Правила (в 4-х томах). Т.2.- М.: Изд-во ОАО «Типография «Новости», 2008.- 406 с.

*С. Н. Гирип, А.М. Борисов, К.Н. Пряничников, Е.П. Роннов*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

### **ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ПОНТОНА МОДУЛЬНОГО ТИПА**

В последние годы имеет место устойчивая тенденция роста строительства плавучих сооружений, предназначенных для размещения гостиниц, офисов, дач, автостоянок и пр. При этом в качестве корпусов используются построенные ранее железобетонные корпуса дебаркадеров, брандвахт и даже плавмастерских. Несмотря на то, что этим корпусам достаточно много лет, они, в целом, находятся в удовлетворительном состоянии. Некоторые из них имеют повреждения в виде оголения арматуры и даже отдельные пробоины (имеются случаи использования корпусов, поднятых со дна рек и водохранилищ), однако эти повреждения легко устраняются. Самое существенное, о чем следует сделать вывод применительно к этим судам, состоит в том, что бетон основной части конструкции сохраняет свои прочностные свойства, установленные Правилами Речного Регистра. Об этом свидетельствует большой объем выполненных кафедрой сопротивления материалов, конструкции корпуса и строительной механики корабля ФБОУ ВПО «ВГАВТ» работ по обследованию технического состояния таких корпусов с инструментальным замером прочности бетона.

Естественно, что использование таких корпусов в качестве плавучего основания для возведения различных надстроек приносит весьма ощутимый экономический эффект, поскольку их стоимость существенно ниже стоимости новых корпусов. Очевидным и во многих случаях решающим преимуществом использования железобетонных корпусов для рассматриваемых объектов является то обстоятельство, что они не требуют докования для оценки их технического состояния в процессе эксплуатации.

Вместе с тем, следует отметить, что в настоящее время построенные ранее железобетонные корпуса практически все введены в строй в соответствии с проектами их переоборудования или эксплуатируются по назначению, поэтому возникает необходимость проектирования и постройки новых корпусов. Проектирование новых корпусов привлекательно тем, что позволяет создавать конструкции «под заказчика», т.е. реализовывать в процессе проектирования идеи заказчика по созданию плавучего сооружения соответствующего назначения в целом, однако, это, естественно, приводит к удорожанию конструкции. В связи с этим возникает идея разработать некую универсальную конструкцию плавучего основания (понтон), которая в наибольшей степени позволяла бы отвечать требованиям заказчиков, желающих иметь стоечные суда различного назначения.