

А.М. Борисов
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

При проведении инженерных расчетов местной прочности перекрытий судовых конструкций, подкрепленных железобетоном, возникают вопросы по распределению усилий между элементами перекрытия. Справедливость принимаемых гипотез может быть оценена в результате экспериментальных исследований, а также при выполнении расчетов с использованием современных программных комплексов, основанных на методе конечных элементов. Представляет также интерес оценка требований к прочности сталежелезобетонных конструкций с позиций действующих Правил Российского Речного Регистра [1].

С этой целью были выполнены испытания двух моделей перекрытия размерами 150×1260×1760 мм, имеющих одинаковую конструкцию и имитирующих наружное (модель №2) и внутреннее (модель №1) усиление железобетоном (ЖБУ) стальной обшивки толщиной 4 мм. Рамный набор выполнен из сварной балки таврового сечения с размерами стенки 4×150 мм и полки 4×60 мм и холостой набор – из уголка \perp 20×20×4. В перекрытии на расстоянии 400 мм друг от друга установлены две продольные рамные балки главного направления (БГН) и в середине их пролета перпендикулярно им установлена одна перекрестная балка (ПБ). Для обеспечения жесткости конструкции рамные балки такого же сечения устанавливались по периметру образцов на расстоянии 30 мм от края обшивки. Холостые продольные балки (ребра) устанавливались в продольном направлении на расстоянии 200 мм от продольных рамных балок и сваривались со стенками поперечных рамных балок.

Для армирования обеих моделей использовалась стержневая арматура диаметром 10 мм класса А-I (А 240), которая устанавливалась с шагом 67 мм и 71 мм в поперечном и продольном направлениях соответственно с внутренней стороны для модели №1 и с шагом 100 мм в поперечном и продольном направлениях, формируя полуторную сетку с наружной стороны обшивки, – для модели №2. В пересечениях стержни арматуры сварены между собой и с набором. Бетонирование выполнялось тяжелым бетоном класса В25 с вибрированием и обеспечением толщины плиты 40 мм и защитного слоя арматуры 10 мм.

Нагружение моделей проводилось на специальном стенде (рис. 1) испытательного полигона кафедры железобетонных и каменных конструкций Нижегородского строительного университета (НГАСУ) ступенчато в два этапа (сначала рамных балок, а затем – холостых) до бетонирования и по истечении 28 суток после окончания бетонирования.

В отличие от проводимых ранее испытаний балочных сталежелезобетонных плит, в которых работоспособность элементов композитной конструкции определялась без учета поперечных связей, настоящие экспериментальные исследования проводились для моделей перекрытий, в которых работоспособность элементов набора и ЖБУ и их взаимное влияние друг на друга учитывается в разных направлениях. Для тензометрирования было установлено около 100 датчиков в характерных сечениях каждой модели. Прогибы при нагружении моделей фиксировались индикаторами часового типа. Прочностные свойства материалов определялись на основании испытания образцов проб стали (листовой и арматурной) и бетона.

При проведении испытаний решались задачи: определение напряжений в элементах набора, в обшивке, арматуре и бетоне моделей в зависимости от изменения внешней нагрузки до и после бетонирования; определение прогибов и ширины раскрытия трещин, а также характера трещинообразования при нагружении моделей.

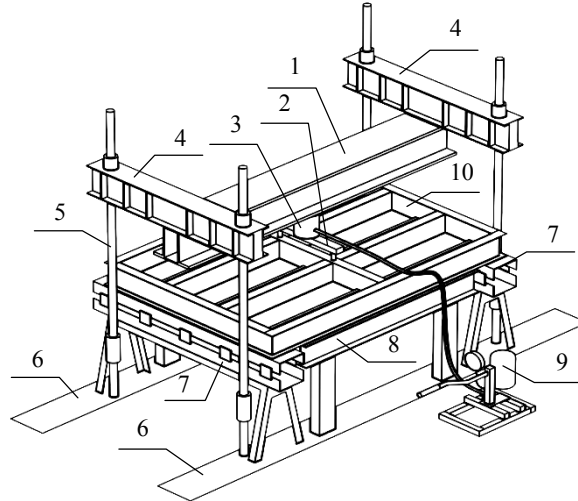


Рис. 1. Схема стенда для испытания моделей:
 1 – балка опорная; 2 – балка нагружения; 3 – гидродомкрат; 4 – траверза;
 5 – стойка; 6 – силовой пол; 7 – поперечный опорный контур; 8 – продольный опорный контур; 9 – станция нагружения; 10 – испытуемая модель

Результаты проведенных испытаний приведены по основным группам связей на рис. 2–3 на основании обработки эксперимента с помощью метода наименьших квадратов и теоретических расчетов, выполненных с использованием методов и гипотез строительной механики и метода конечных элементов, реализуемого в программном комплексе (ПК) «ЛИРА» с учетом линейности и физической нелинейности бетона.

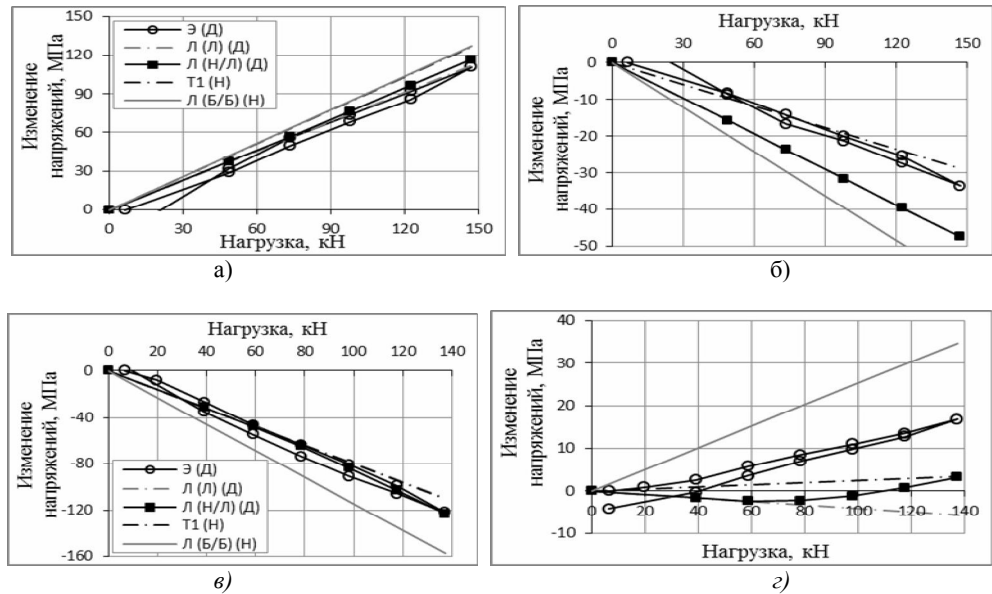


Рис. 2. Зависимость изменения напряжений в БГН от нагрузки:
 а – модель №1 в полке; б – модель №1 в обшивке;
 в – модель №2 в полке; г – модель №2 в обшивке

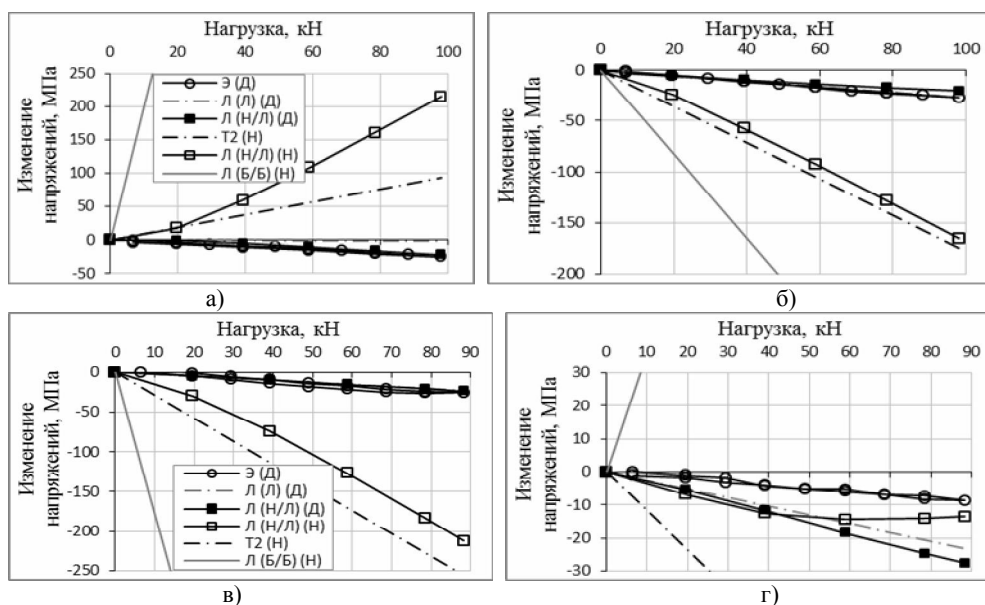


Рис. 3. Зависимость изменения напряжений от нагрузки на ребро:
 а – модель №1 в полке ребра; б – модель №1 в обшивке у ребра;
 в – модель №2 в полке ребра; г – модель №2 в обшивке у ребра

При разбиении моделей на элементы (КЭ) из библиотеки ПК «ЛИРА» использованы: универсальный прямоугольный КЭ оболочки (тип 41); универсальный пространственный восьмиузловой изопараметрический КЭ (тип 36); универсальный пространственный стержневой КЭ (тип 10); физически нелинейный универсальный пространственный восьмиузловой изопараметрический КЭ (тип 236).

На диаграммах принято следующее обозначение: Э(Д) – экспериментальные данные средние по датчикам; Л(Л)(Д) – результаты линейного расчета в ПК «ЛИРА» в местах установки датчиков; Л(Н/Л)(Д) – то же с учетом нелинейности бетона; Т1(Н) – теоретический расчет в точке нагружения рамных балок с учетом обшивки, работающей совместно с арматурой, приведенной к листу, и с учетом работы бетона полным сечением; Л(Б/Б)(Н) – результаты линейного расчета в ПК «ЛИРА» в точке приложения нагрузки модели без ЖБУ; Т2(Н) – теоретический расчет в точке нагружения ребра на упругом основании с учетом обшивки, работающей совместно с арматурой, при свободном опирании балки.

Из сопоставления данных теоретических расчетов и эксперимента можно сделать следующие выводы.

1. При усилении железобетоном стальных конструкций повышается их жесткость и несущая способность.

2. Наиболее близкое совпадение с результатами эксперимента получено при выполнении расчетов в ПК «ЛИРА» с учетом физической нелинейности бетона, поэтому он может быть рекомендован для расчетов прочности сталежелезобетонных конструкций.

3. При нагружении рамного набора с наружным и внутренним ЖБУ наиболее близкое совпадение с экспериментом дают расчеты с учетом совместной работы обшивки с арматурой, приведенной к листу, и с учетом работы бетона полным сечением в составе рамных балок. Расчет перекрытий по ПРРР [2] с учетом работы бетона только сжатой зоны устанавливает более жесткие требования к прочности связей, но может быть рекомендован, поскольку в этом случае также имеется некоторый запас прочности.

4. При нагружении ребра с наружным и внутренним ЖБУ наиболее близкое совпадение с экспериментом дают расчеты с учетом совместной работы в упругом основании обшивки и арматуры, приведенной к листу, и с учетом сжатой зоны бетона в сечениях балок. Расчет в этом случае имеет значительный запас прочности. Расчет ребра по Правилам Речного Регистра без учета упругого основания устанавливает слишком жесткие требования к прочности связей.

Список литературы:

[1] Российский Речной Регистр. Правила (в 4-х т.). Т.2. М.:Новости, 2008. – 408 с.

Д.В. Волков
ОАО КБ «Вымпел»

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КУБИЧЕСКОГО МОДУЛЯ
МОРСКИХ РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ**

В составе Российского рыбодобывающего флота большая часть представлена судами, построенными еще во времена Советского Союза. В настоящее время, темпы строительства новых судов совершенно не покрывают темпы износа и выхода из строя старых судов.

За последние 20 лет произошло резкое сокращение численности судов добывающего флота (примерно на 30–35%), при этом в России не было построено ни одного крупнотоннажного рыбодобывающего судна.

В процессе разработки проекта рассматриваются и прорабатываются несколько основных проблем, одна из которых это определение оптимальных главных размеров корпуса и его обводов, обеспечивающее наилучшее размещение производственных и грузовых помещений.

В основном, на ранних стадиях проектирования, заданной величиной является суммарная кубатура трюмов, которая зачастую выходит из объема прогнозируемого улова соответствующего выделенными квотами на вылов.

Элементы и характеристики основных типов морских рыболовных судов, эксплуатирующийся и спроектированных в настоящее время приведены в таб. 1.

Таблица 1

Элементы и характеристики морских рыболовных судов

Ледовый класс Arc 4	Trawler 110m	БМРТ 11480	«Спрут» B-400	Monzund type trawlers	Крилелов «Капитан Олейничук»	«Антарктида»	Vilhelm Thorsteinsso	БМРТ «Промитей»	NORQRN
Год постройки	2010	2010	1979	1993	1985	1985	-	1982	1988
Класс	DNV+IA1 ICE 1B Stern Trawler	КМ Arc 4 [1] AUT 2(REF) Fishing vessel	КМ Л1 [1]A2	DNV+IA1 ICE 1A Stern Trawler	КМ Arc 4 [1] AUT 2(REF) Fishing vessel	КМ Л1 [1]A2	DNV+IA1 ICE 1A Stern Trawler	КМ Arc 4 [1] AUT 2(REF) Fishing vessel	DNV+IA1 ICE 1A Stern Trawler
Длина наиб., м	110,4	130,6	117,5	120,47	114,5	114,5	79,6	101,8	60,5