

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
КОНСТРУКЦИЙ МАЛОЭТАЖНОГО ЖИЛОГО
ЗДАНИЯ НА ВОДЕ**

**INVESTIGATION OF STRESS-STRAIN MODE OF LOW-STOREY
FLOATING HOUSE STRUCTURES**

*к.т.н. Шехоркина С.Е., д.т.н., проф. Савицкий Н.В.
(ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и
архитектуры»)»*

*Ph.D. Shekhorkina S.Y., Dr., Prof. Savitskyi N.V. (SHEE Prydniprovs'ka
State Academy of Civil Engineering and Architecture)*

Возведение зданий и сооружений на воде является одним из новейших направлений в строительстве и архитектуре. В условиях дефицита и удорожания земель, пригодных к застройке, строительство зданий на воде приобретает популярность и в Украине. Несмотря на множество реализованных проектов зданий на воде (плавающие рестораны, гостиницы, коттеджные городки, офисные здания, развлекательные комплексы и т.п.) [1], исследования, посвященные вопросам их проектирования, остаются немногочисленными, а комплексной нормативно-технической документации не существует как в Украине, так и за рубежом. Поэтому результаты исследования напряженно-деформированного состояния конструкций малоэтажного жилого здания на воде с учетом совместной работы элементов надводной и подводной частей, изложенные в данной статье, являются актуальными.

Для анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций малоэтажных жилых зданий на воде с учетом совместной работы надстройки и плавучей платформы-основания был принят проект-представитель двухэтажного здания. На рис. 1 приведены план типового этажа, а также один из фасадов здания на воде. Принятое архитектурно-конструктивное решение здания по своим параметрам соответствует классу малых судов и учитывает наиболее характерные особенности зданий данного типа.

Размеры здания в плане составляют 10.4м×9.6м. Конструктивная схема здания – каркасная. Конструкции надводной части могут быть изготовлены из дерева, стальных и алюминиевых профилей. Для

анализа НДС был рассмотрен несущий каркас из стальных профилей – колонны из двутавров №20К1, балки перекрытия и покрытия из двутавров №16.

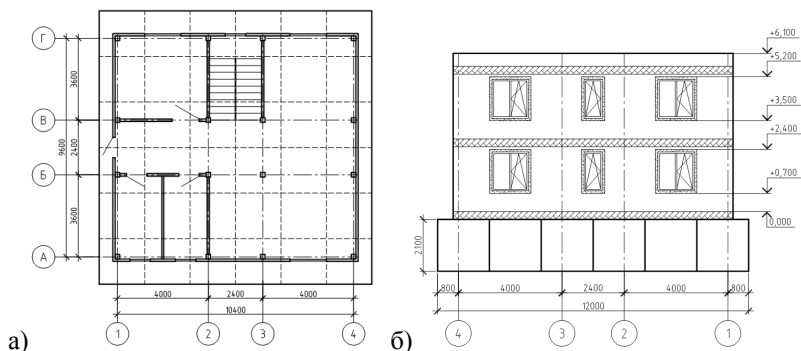


Рисунок 1. Двухэтажное жилое здание на воде:

а) план типового этажа; б) фасад

Внешние стены изготовлены из сэндвич-панелей с утеплителем из пенополистирола толщиной 120 мм и отделкой из фасадной штукатурки. Перекрытие и покрытие с нижней стороны обшивается гипсокартоном, с верхней – укладываются плиты OSB. Пространство между балками заполняется минераловатным утеплителем. Полы выполнены из плитки керамической (для кухни и санузлов), ковролина (для спален) и ламината (для коридоров). Кровля выполнена из рубероида.

Плавучая платформа-основание состоит из отдельных понтонов-модулей [2]. Размеры платформы в плане составляют $12\text{ м} \times 12\text{ м}$. Размер одного понтона-модуля $2\text{ м} \times 2\text{ м} \times 2.1\text{ м}$ (ширина \times длина \times высота). Толщина элементов понтона-модуля 80 мм, бетон класса C25/30; арматура класса A400C. Глубина водоема в месте размещения здания принята равной 5 м.

Для здания была определена суммарная нагрузка от элементов надстройки, полезной и внешней нагрузки, которая составила $g_b = 950\text{ кН}$. Полный вес здания на воде с учетом веса конструкции плавучей платформы составил $G = 180\text{ т}$. Расчетная осадка равна $h = 1.3\text{ м}$.

В качестве якорной системы для исследуемого здания на воде были приняты якорные конструкции из эластомерных тросов производства фирмы «Hazelett» [3]. Грузоподъемность одной конструкции

составляет 35 тонн, поэтому для удержания исследуемого проекта здания на воде требуется 6 якорных конструкций данного типа.

В соответствии с [4] для исследуемого здания на воде были выполнены расчеты технико-эксплуатационных характеристик (плавучести, непотопляемости, обеспечения равновесия относительно поверхности воды, а также проверка осадки и остойчивости). В результате выполненных расчетов было установлено, что принятое архитектурно-конструктивное решение здания на воде удовлетворяет требованиям Регистра судоходства Украины [5].

Для исследуемого здания на плавучей платформе из понтонов-модулей была составлена пространственная компьютерная модель в программном комплексе «ЛИРА 9.6» (рис. 2). Каркас здания моделировался элементами типа КЭ 10 (универсальный пространственный стержневой КЭ). Днище, боковые стенки и верхняя палуба понтонов-модулей задавались элементами типа КЭ 41 (универсальный прямоугольный КЭ оболочки). Для моделирования якорной системы из эластомерных тросов использовались КЭ 51 (одноузловой КЭ упругой связи), ориентированные вдоль глобальных осей Z и X.

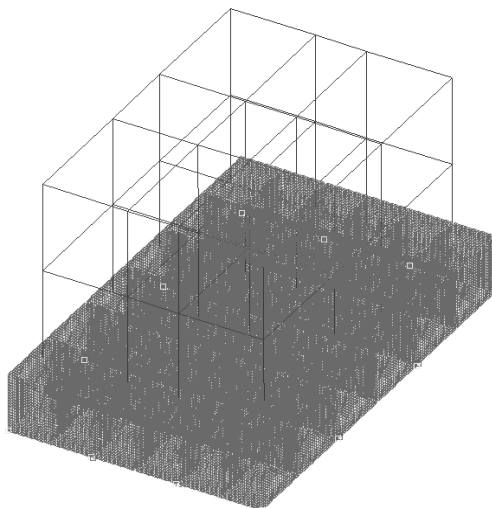


Рисунок 2. Пространственная модель двухэтажного жилого здания на плавучей платформе из понтонов-модулей

Расчет пространственной модели здания на воде выполнялся на действие нагрузок в соответствии с ДБН В.1.2-2:2006 «Нагрузки и

воздействия» [6], правил Регистра судоходства Украины [5], а также методики определения волновых нагрузок, изложенной в [4].

В результате расчета были получены данные о распределении напряжений и максимальные значения усилий в элементах конструкции платформы из понтонов-модулей, а также конструкциях каркаса. По результатам моделирования было установлено, что при заданном конструктивном решении надстройки здания на воде наиболее загруженными являются элементы верхней плиты платформы в узлах крепления стоек каркаса, а также элементы боковых стенок в узлах устройства соединений. В качестве иллюстрации результатов на рис. 3 и 4 приведены изополя напряжений при наиболее неблагоприятных сочетаниях нагрузок для элементов платформы.

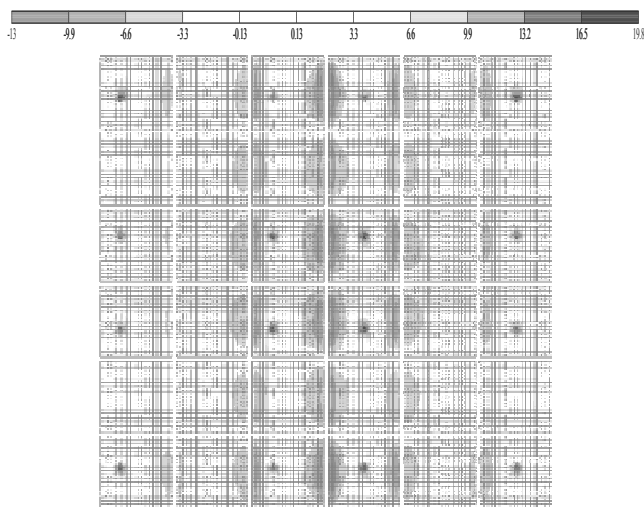


Рисунок 3. Изополя напряжений по M_x для верха платформы при наиболее невыгодном сочетании нагрузок

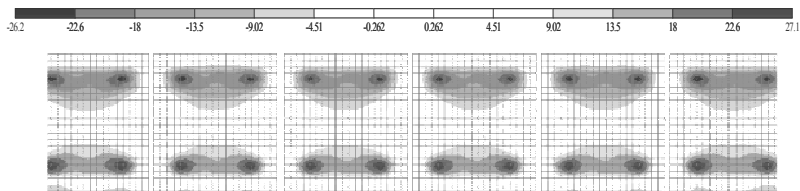


Рисунок 4. Изополя напряжений по M_y для боковых стенок при наиболее невыгодном сочетании нагрузок

По максимальным усилиям с использованием средств ПК «ЭСПРИ» был выполнен расчет армирования элементов платформы. Результаты расчета армирования элементов плавучей платформы в достаточной мере совпадают с армированием аналогичных конструктивных решений железобетонных судов. Анализ элементов плавучей платформы по перемещениям показал, что якорная система из эластомерных тросов обеспечивает неизменную осадку здания при наиболее невыгодных сочетаниях нагрузок. Диапазон перемещений в вертикальной плоскости (вдоль оси Z) составил $\pm(84 - 125)$ мм, в горизонтальной плоскости – $\pm(19 - 50)$ мм вдоль оси X та $\pm(24 - 63)$ мм вдоль оси Y.

Для элементов каркаса надводной части двухэтажного жилого здания на воде были выполнены расчеты прочности и устойчивости по максимальному значению усилий при наиболее невыгодных сочетаниях нагрузок. Расчет выполнялся в программном комплексе «ЛИР-СТК». Анализ уровня использования несущих свойств элементов каркаса надводной части показал, что для принятого конструктивного решения минимальный запас прочности для балок перекрытия составляет 12%, для балок покрытия - 23%, для стоек каркаса - 24%.

Таким образом, в результате проведенных исследований были получены данные о НДС конструкций жилого здания на воде с учетом совместной работы плавучей платформы и надстройки.

Список источников

1. Stopp H. Floating houses – chances and problems Architecture, Civil Engineering, Environment / H. Stopp, P. Strangfeld // The Silesian University of Technology. - 2010. - № 4. – P. 81 – 90.
2. Плавуча платформа : Пат. 83103 Україна, МПК В63В 35/44 / Савицький М. В., Шехоркіна С. Є. (Україна) - № u201302998 ; заявл. 11.03.2013 ; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16. – 3 с.
3. Elastic Mooring Details and Basic User Guide [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.hazelettmarine.com/products>.
4. Шехоркіна С.Є. Рациональное проектирование конструкций малоэтажных жилых зданий на воде : дис... канд. техн. наук / С. Е. Шехоркіна. – Днепропетровск, 2013. – 168 с.
5. Правила постройки и классификации малых судов : в 4-х т. – К. : Регистр судоходства Украины, 2007.
6. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования : ДБН В.1.2-2:2006 - ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Минстрой Украины, 2006. – 78 с. – (Національні стандарти України).