

УДК 728:629.514

## КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ПОДВОДНОЙ ЧАСТИ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ НА ВОДЕ

*к.т.н. Шехоркина С.Е., д.т.н., проф. Савицкий Н.В.*

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»*

**Актуальность.** Развитие железобетонного судостроения обусловлено такими его преимуществами как: снижение расхода стали на изготовление сооружения в 2 – 4 раза по сравнению со стальными судами; высокая долговечность корпуса; отсутствие необходимости частых ремонтов; высокая пожаростойкость; низкая водопроницаемость. В связи с вышеизложенным для строительства подводной части зданий на воде широко применяются железобетонные плавучие платформы. Недостатками существующих конструктивных решений таких платформ [1-3] являются значительный вес, размеры и сложность конструкции. При строительстве плавучих объектов стояночного типа (плавучих доков, причалов, дебаркадеров, ресторанов, водноспортивных станций, жилых зданий на воде и др.) это не имеет большого значения, однако приводит к увеличению трудоемкости и стоимости изготовления, транспортировки и монтажа и, соответственно, делает невыгодным применение данных конструкций для строительства плавучих зданий. Таким образом, поскольку существующие конструктивные решения плавучих платформ имеют ряд недостатков, вопрос разработки рациональной конструкции подводной части зданий на воде является актуальным.

**Изложение основного материала.** Основное назначение подводной части зданий на воде – воспринимать все нагрузки от надстройки и обеспечивать неизменность положения здания относительно водной поверхности при воздействии ветровых, волновых и ледовых нагрузок. К конструкции плавучей платформы здания на воде предъявляются следующие требования: обеспечение требуемого запаса плавучести; снижение общей массы здания на воде; долговечность; возможность возведения зданий различной этажности, площади и конфигурации; удобство транспортировки и монтажа; возможность размещения технических помещений, оборудования для обеспечения частичной или полной автономности здания от береговых коммуникаций.

Исходя из особенностей строительства зданий на воде, а также недостатков существующих конструктивных решений платформ для возведения жилых зданий на воде, разработана конструкция понтона-модуля для изготовления плавучих платформ. Геометрические параметры понтона-модуля приведены на рис. 1. Общий вид платформы из понтонов-модулей приведен на рис. 2.

Как показано на рис. 2, понтон-модуль состоит из железобетонных стенок (поз.1) и днища (поз.2). В боковых стенках понтонов-модулей выполняются отверстия для их соединения в плавучую платформу при

помощи шпилек (поз.4). После монтажа плавучей платформы конструкция накрывается монолитной железобетонной плитой (поз. 5).

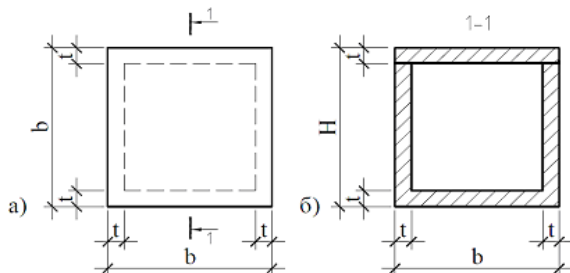


Рис. 1. Схема геометрических параметров понтона-модуля:  
а) вид сверху; б) вид в разрезе

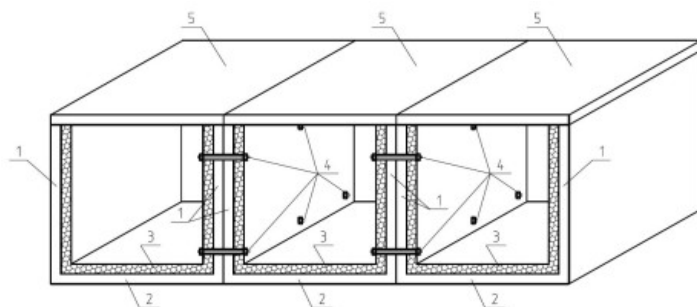


Рис. 2. Принципиальная схема плавучей платформы из понтонов-модулей:  
1 – боковая стенка; 2 – днище; 3 – слой пенополистирола; 4 – соединение понтонов на шпильках; 5 – верхняя плита

Отличительной особенностью разработанной конструкции является укладка слоя пенополистирола (поз. 3) вдоль внутренней стороны стенок и днища, который обеспечивает дополнительный запас плавучести.

Основным параметром плавучей платформы, а, следовательно, и понтона-модуля, является высота. Требуемая высота платформы зависит от общей массы здания, включая массу самой платформы, и района размещения, который выражается минимальной величиной надводного борта.

Проверка минимально допустимой высоты надводного борта выполняется по следующей формуле [5]:

$$F = H - h \geq F_{\min} , \quad (1)$$

где  $h$ ,  $H$  – осадка и высота плавучей платформы, соответственно,  $F$  – высота надводного борта,  $F_{\min}$  – минимально допустимая высота надводного борта.

Осадка здания на воде численно равна глубине погружения в воду и определяется из условия равновесия здания на воде [6]:

$$P_g = P_c, \quad (2)$$

где  $P_g$  – сила тяжести;  $P_c$  – сила поддержания.

Согласно закону Архимеда сила поддержания численно равна произведению плотности воды, ускорения свободного падения и погруженного объема:

$$P_c = \rho \cdot g \cdot V, \quad (3)$$

где  $\rho$  – плотность воды;  $g$  – ускорение свободного падения;  $V$  – объем погруженной в воду части.

Учитывая, что сила тяжести численно равна произведению массы тела на ускорение свободного падения с использованием формул (2), (3) можно записать:

$$\rho \cdot g \cdot V = g \cdot G, \quad (4)$$

где  $G$  – масса здания на воде.

Объем погруженной в воду части зависит от массы здания на воде и формы его подводной части. Плавздания, как правило, размещаются на плавучих платформах прямоугольного поперечного сечения [6]. Тогда объем подводной части можно определить по формуле:

$$V = b_{pl} \cdot l_{pl} \cdot h, \quad (5)$$

где  $b_{pl}$ ,  $l_{pl}$  – ширина и длина плавучей платформы-основания;  $h$  – глубина погружения (осадка) здания.

С учетом того, что масса здания на воде состоит из масс плавучей платформы и конструкций надводной части, на основании выражений (4), (5) требуемая высота плавучей платформы, состоящей из отдельных понтонов-модулей, может быть определена по формуле:

$$H = \frac{n \cdot g_p + g_b}{\rho \cdot b_{pl} \cdot l_{pl}} + F_{\min}, \quad (6)$$

где  $n$  – количество понтонов-модулей;  $g_p$  – масса одного понтона-модуля;  $g_b$  – масса конструкций надводной части;  $\rho$ ,  $b_{pl}$ ,  $l_{pl}$  – то же, что и в зависимостях (3) и (5).

Массу одного понтона-модуля, представленного на рис. 1, можно определить по формуле:

$$g_p = \left[ H \cdot b^2 - (b - 2 \cdot t)^2 \cdot (H - 2 \cdot t) \right] \cdot \rho_c, \quad (7)$$

где  $b$  – размер понтона-модуля в плане;  $t$  – толщина днища, стенок и верхней плиты;  $H$  – высота понтона-модуля;  $\rho_c$  – плотность бетона.

Путем подстановки выражения (7) в (6) и решения полученного уравнения относительно  $H$  были выполнены расчеты требуемой высоты понтона-модуля в зависимости от массы конструкции надводной части здания на воде и размеров платформы-основания. Для обеспечения возможности использования внутреннего пространства и удобства транспортировки конструкции длина и ширина понтона-модуля были приняты равными 2 м. Толщины боковых стенок, днища и верхней плиты приняты равными минимально допустимому значению в соответствии с требованиями Регистра судоходства Украины к железобетонным плавучим сооружениям ( $t = 80i$ ) [4]. Минимально допустимая высота надводного борта принята  $F_{\min} = 300i$  (на примере конструкции категории «С», 3 район эксплуатации [5]). При расчетах были рассмотрены платформы-основания размерами в плане, кратными 2 м (т.е. размерам понтона-модуля) - 8x8 м, 10x10 м и 12x12 м. Результаты определения требуемой высоты понтона-модуля представлены на графиках (рис. 3).

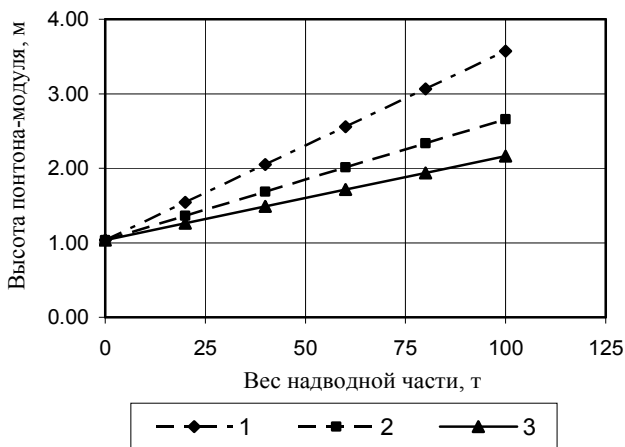


Рис. 3. Требуемая высота понтона-модуля в зависимости от массы надводной части здания для плавучей платформы размерами в плане 1 – 8x8м; 2 – 10x10м; 3 – 12x12м

**Выводы.** Предложенная конструкция понтона-модуля обеспечивает возможность возведения плавучих платформ многоцелевого назначения, разнообразной конфигурации, достаточной грузоподъемности, с возможностью использования внутреннего пространства, а также упрощением транспортировки и монтажа. Готовая конструкция плавучей платформы может использоваться как самостоятельно (для устройства наплавных мостов, причальных и других типов плавучих сооружений), так и в качестве основания для возведения жилых зданий на воде, конструкции которых монтируются на верхнюю плиту. Разработанная конструкция защищена патентом Украины на полезную модель №83103 [7].

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Конструкция и прочность железобетонных судов / Г. М. Синцов [и др.]. - Л.: Судостроение, 1969. - 384 с.
2. Сиверцев И. Н. Железобетонное судостроение / И. Н. Сиверцев – М.: Речной транспорт, 1959.
3. Koekoek M. Connecting Modular Floating Structures : A General Survey and Structural Design of a Modular Floating Pavilion, Delft University of Technology, Netherlands, 2010 [Электронный ресурс] / Koekoek M. – Режим доступа : <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid:33b59201-1718-4dda-98f8-ee16d5b7c023>.
4. Правила постройки и классификации корпусов судов и плавучих сооружений с применением железобетона. – К. : Регістр судноплавства України, 2007. – 125 с.
5. Правила постройки и классификации малых судов : в 4-х т. – К. : Регістр судоходства України, 2007.
6. Шехоркина С. Е. Рациональное проектирование конструкций малоэтажных жилых зданий на воде : дис... канд. техн. наук / С. Е. Шехоркина. – Днепропетровск, 2013. – 168 с.
7. 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.