

# СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

DOI: 10.24143/2073-1574-2018-1-7-15  
УДК 629.5

*В. С. Игнатович, А. В. Кузьмина, А. В. Родькина*

## ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПОГРУЖНЫХ ПЛАВУЧИХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Предложена расчетная схема оценки основных характеристик полупогружных плавучих буровых установок (ППБУ) на начальных стадиях проектирования. Из анализа статей нагрузки корпуса ППБУ следует, что все статьи, за исключением массы металлического корпуса (технологическое оборудование и запасы, главные механизмы, судовое снабжение, топливо и экипаж), в основном зависят от глубины бурения и могут быть приняты на основе прототипа с достаточной степенью точности на начальной стадии проектирования. При выбранном типе ППБУ объем принимаемого балласта для перехода в рабочее положение зависит от высоты надводного борта понтонов и объема колонн до ватерлинии рабочего положения. Выбранный таким образом балласт необходимо разместить только в нижних понтонах, в которых также должны быть отсеки насосных отделений и топливные цистерны. Исходя из условий плавучести в походном и рабочем (полупогружном) положении, с учетом требований технического задания на проектирование полупогружных плавучих буровых установок, выведены зависимости, позволяющие получить и проанализировать характеристики понтонов и колонн, а также параметры вертикальной качки ППБУ в режиме бурения, необходимые для начального проектирования. Для определения размеров и объемов корпуса (понтонных, стабилизирующих колонн и верхнего корпуса) предложен порядок расчета характеристик полупогружных плавучих буровых установок. Выполнена оценка вертикальной качки ППБУ при бурении скважин на волнении. Полученная методика может быть использована в учебном процессе при изучении вопросов проектирования полупогружных сооружений типа ППБУ и полупогружных плавучих кранов.

**Ключевые слова:** водоизмещение, понтоны, стабилизирующие колонны, метацентрическая высота, вертикальные перемещения.

### **Введение**

При освоении континентального шельфа для выполнения разведочных скважин при глубине моря до 200–250 м используются полупогружные плавучие буровые установки (ППБУ). Продолжительность периода, при котором возможно бурение, является основным критерием, определяющим технико-экономическую эффективность ППБУ. Это требование в достаточной степени выполняется при обеспечении процессов бурения при волнении моря до 5 баллов и ветре до 7 баллов [1]. При таких условиях вертикальные перемещения сооружений находятся в диапазоне хода волновых компенсаторов до 5,5–7,0 м. Поскольку число буровых установок рассматриваемого типа (построенных и проектируемых) российского производства относительно невелико, в настоящее время отсутствуют опубликованные методики определения их главных размерений и основных характеристик ППБУ на начальных стадиях проектирования.

Задача настоящего исследования – исходя из общих требований технического задания на проектирование ППБУ, определить главные размерения нижних понтонов (корпусов), выбрать количество, форму и размеры стабилизирующих колонн, вычислить метацентрическую высоту и параметры вертикальной качки сооружения в рабочем (полупогружном) положении.

**Анализ положений, используемых при разработке расчетной схемы**

Как следует из изучения зарубежного и российского опыта проектирования и строительства ППБУ, наиболее рациональным является архитектурно-конструктивный тип полупогружных несамоходных катамаранов, содержащих два нижних понтона, стабилизирующие колонны цилиндрической или прямоугольной формы с установленным на них верхним корпусом. Нижние понтоны имеют прямоугольное сечение со скругленными углами, цилиндрическую вставку протяженностью более 80 % длины и оконечности одинаковой формы, симметричные относительно мидель-шпангоута. Основной объем понтонов отведен под балластные цистерны, в остальных помещениях расположены насосные отделения и другое оборудование [2].

Принятый архитектурно-конструктивный тип рассматриваемых сооружений позволяет в значительной степени снизить качку и обеспечить выполнение операций бурения скважин при волнении до 5 баллов. Такое расширение эксплуатационных возможностей, характерное как для ППБУ, так и для полупогружных крановых судов, сопровождается увеличением массы корпуса до 45–50 % водоизмещения порожнем, в то время как масса корпуса морских тяжелых плавкранов традиционного типа, выполняющих грузовые операции при волнении 2–3 балла, составляет 20–30 % водоизмещения.

Основные уравнения плавучести ППБУ:

$$D_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n P_i; \quad D_{\text{п}} = \rho V_{\text{п}}; \quad d = d_{\text{п}}; \quad D_{\text{р}} = D_{\text{п}} + P_{\sigma}(d); \quad D_{\text{р}} = \rho V_{\text{р}}; \quad d = d_{\text{р}},$$

где  $D_{\text{п}}$ ,  $D_{\text{р}}$  – водоизмещение в походном и рабочем положении;  $P_{\sigma}(d)$  – масса балласта, принимаемого в понтоны при переходе ППБУ в рабочее положение;  $P_i$  –  $i$ -я статья нагрузки ППБУ;  $V_{\text{п}}$ ,  $V_{\text{р}}$  – объемное водоизмещение в походном и рабочем положениях;  $d_{\text{п}}$ ,  $d_{\text{р}}$  – осадка в походном и рабочем положениях.

Анализируя статьи нагрузки  $P_i$ , можно отметить, что все статьи, за исключением массы металлического корпуса (технологическое оборудование и запасы, главные механизмы, судовое снабжение, топливо и экипаж), в основном зависят от глубины бурения и могут быть на начальной стадии проектирования с достаточной степенью точности приняты на основе прототипа.

При таком типе ППБУ объем принимаемого балласта для перехода в рабочее положение зависит от высоты надводного борта понтонов и объема колонн до ватерлинии рабочего положения. Выбранный таким образом балласт необходимо разместить только в нижних понтонах, в которых также должны быть отсеки насосных отделений и топливные цистерны.

С другой стороны, водоизмещение в походном положении можно в первом приближении записать в виде

$$D_{\text{п}} = k_{\text{р}} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} P_i, \quad (1)$$

где  $k_{\text{р}} = 1,8 \div 2,1$  – коэффициент, учитывающий массу металлического корпуса в весовом водоизмещении;  $P_i$  –  $i$ -я статья нагрузки прототипа (кроме корпуса).

**Общие требования технического задания на проектирование ППБУ на начальных стадиях проектирования**

В качестве *исходных данных* принимаются требования, известные из технического задания на проектирование ППБУ:

- масса  $(n - 1)$  статей нагрузки  $\sum_{i=1}^{n-1} P_i$  без металлического корпуса-прототипа ППБУ с такой же глубиной бурения скважин;
- осадка в походном и рабочем положении  $d_{\text{п}}$  и  $d_{\text{р}}$ ;
- высота расчетной волны  $h_{\text{в}}$ ;
- вертикальный клиренс  $h_{\text{к}}$ ;
- тип установки – ППБУ с двумя нижними понтонами (рис. 1, а);
- тип нижних корпусов – прямоугольные (в плане) понтоны с носовым и кормовым заострением  $\alpha_{\text{н}}$ ,  $\alpha_{\text{к}}$  (рис. 1, б) или скругленными оконечностями  $R = B_{\text{п}}/2$  (рис. 1, в);

- ширина понтона с учетом ограничений, связанных с переводом установки водными путями  $B_{\text{п}} = 16 \div 16,8$  м;
- тип колонн – круглые диаметром  $D_{\text{к}}$  или прямоугольные с размерами сечения ( $B_{\text{к}} \times B_{\text{п}}$ ), число колонн выбирается из  $n = 4 \div 8$ ;
- условия бурения – волнение до 5 баллов, ветер до 7 баллов.

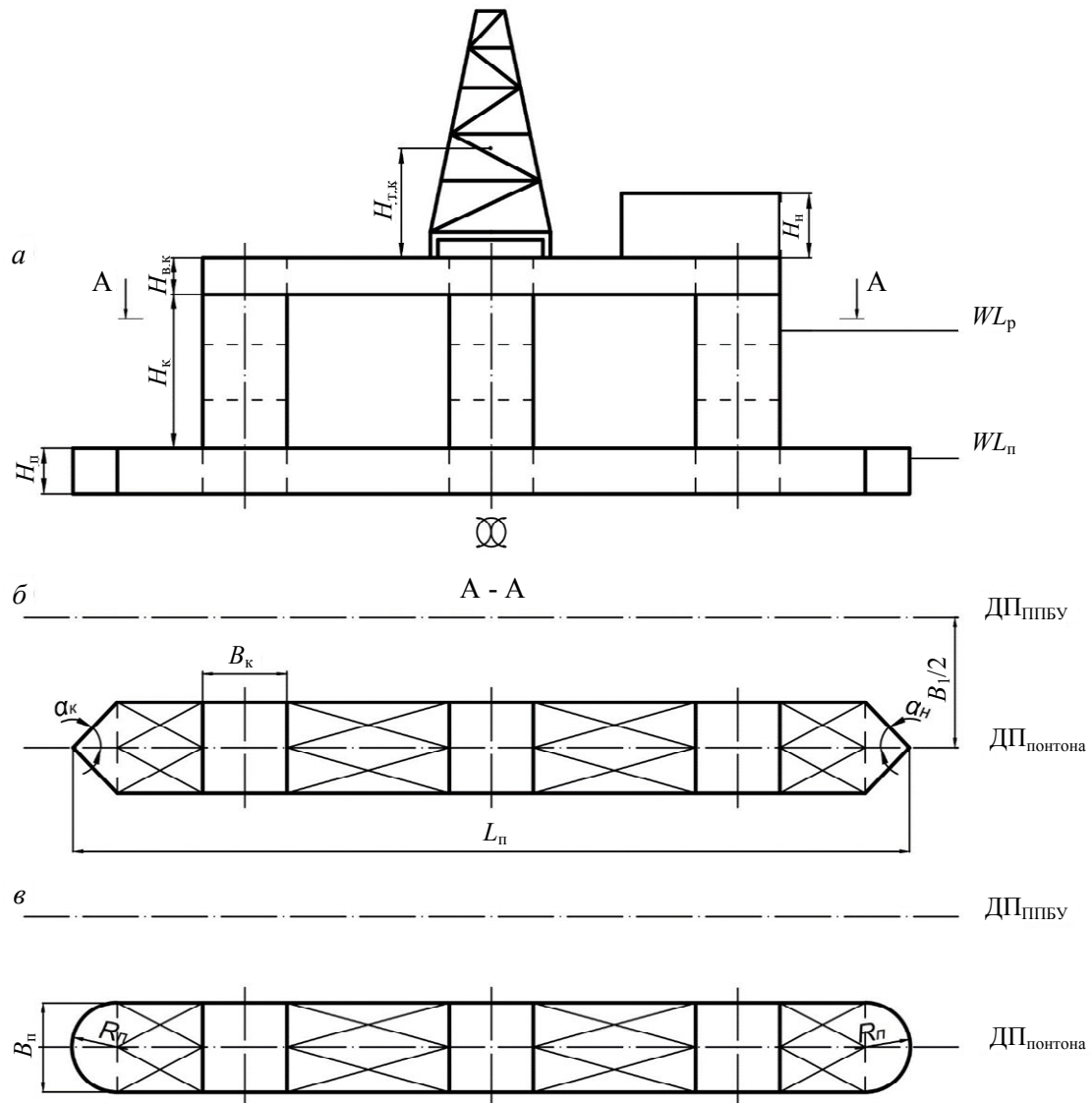


Рис. 1. Схема корпуса и нижних понтонов ППБУ:  $H_{\text{в.к}}$  – высота верхнего корпуса;  $H_{\text{т.к}}$  – возвышение центра массы технологического комплекса над верхней палубой верхнего корпуса;  $H_{\text{к}}$  – высота колонны;  $H_{\text{п}}$  – высота борта понтона;  $H_{\text{н}}$  – высота надстройки;  $WL_{\text{р}}$  – ватерлиния в рабочем положении;  $WL_{\text{п}}$  – ватерлиния в походном положении;  $B_{\text{к}}$  – ширина колонны;  $B_{\text{п}}/2$  – половина расстояния между диаметральной плоскостью понтонов;  $L_{\text{п}}$  – длина понтона;  $R_{\text{п}}$  – радиус скругления понтона;  $a$  – боковой вид ППБУ;  $b$  – план понтона с заостренными оконечностями ( $\alpha_{\text{п}} = \alpha_{\text{к}}$ );  $в$  – план понтона с закругленными оконечностями

### Расчетная схема и порядок расчета характеристик ППБУ

Исходя из условий плавучести в походном и рабочем (полупогружном) положении, с учетом вышеприведенных требований технического задания получены зависимости, позволяющие определить и проанализировать характеристики понтонов и колонн, а также параметры вертикальной качки ППБУ, необходимые для начального проектирования. Все полученные формулы выведены на основе зависимостей плавучести и остойчивости судна [3, 4].

Для вычисления размеров и объемов корпуса (понтон, стабилизирующих колонн и верхнего корпуса) предлагается следующий порядок расчета.

Учитывая, что все статьи нагрузки, кроме корпуса, зависят от глубины бурения и могут быть взяты с прототипа с такой же глубиной бурения, в первом приближении водоизмещение ППБУ в походном положении может быть принято в соответствии с формулой (1).

Масса и объемное водоизмещение ППБУ – в соответствии с формулами

$$M_d = D_n / g; \quad V = D_n / \gamma,$$

где  $g = 9,81$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;  $\gamma = 1,010 \div 1,025$  – плотность морской воды,  $t/m^3$ .

Длина понтона и коэффициент общей полноты понтона:

– для установки с заостренными оконечностями (рис. 1, б) при  $\alpha_n = \alpha_k = \alpha$ :

$$L_n = 0,5 \left[ \frac{V}{B_n d_n} + B_n \operatorname{ctg} \alpha \right];$$

$$\delta = 1 - 0,5 \frac{B_n}{L_n} \operatorname{ctg} \alpha;$$

– для установки со скругленными оконечностями (рис. 1, в):

$$L_n = 0,5 \frac{V}{B_n d_n} + 0,215 B_n;$$

$$\delta = 1 - 0,215 (B_n / L_n).$$

Высота борта понтона  $H_n = 1,1 d_n$ .

Площадь ватерлинии понтона  $S = \delta B_n L_n$ .

Полный объем понтона  $V_n = 1,1 V / 2$ .

Апplikата центра величины понтона в походном положении

$$Z_{cn}^n = d_n / 2.$$

Апplikата центра величины установки:

$$Z_{cn}^y = d_n - 0,5 H_n. \quad (2)$$

Высота колонн от палубы понтона до главной палубы верхнего корпуса:

$$H_k = d_n + 0,6 h_b - H_n + h_k,$$

где  $h_k = 1,5$  – клиренс, расстояние между гребнем расчетной волны и нижними конструкциями верхнего корпуса, м;  $h_b$  – высота расчетной волны, м.

Вертикальный клиренс может быть увеличен путем откачки части балласта понтонов за счет уменьшения осадки ППБУ, поэтому при определении высоты колонн не требуется учитывать изменения максимальной волны.

Высота погруженной части колонны в рабочем положении:

$$H_{kn} = d_n - H_n.$$

Момент инерции площади ватерлинии понтона относительно оси  $X$  для рис. 1, б и 1, в соответственно:

$$J_x = \frac{B_n^3 L_n}{12} \left( 1 - 0,75 \frac{B_n}{L_n} \operatorname{ctg} \alpha \right);$$

$$J_x = \frac{B_n^3 L_n}{12} \left( 1 - \frac{0,411 \pi B_n}{16 L_n} \right).$$

Апplikата центра масс судна в походном положении (рис. 1):

$$Z_g = H_n \cdot u_d,$$

где

$$u_d = 0,5u_{\text{п}} + \left(1 + \frac{H_{\text{к}}}{2H_{\text{п}}}\right)u_{\text{к}} + \left(1 + \frac{H_{\text{к}}}{H_{\text{п}}} + \frac{H_{\text{в.к}}}{2H_{\text{п}}}\right)u_{\text{в.к}} +$$

$$+ \left(1 + \frac{H_{\text{к}}}{H_{\text{п}}} + \frac{H_{\text{в.к}}}{H_{\text{п}}} + \frac{H_{\text{т.к}}}{2H_{\text{п}}}\right)u_{\text{н}} + \left(1 + \frac{H_{\text{к}}}{H_{\text{п}}} + \frac{H_{\text{в.к}}}{H_{\text{п}}} + \frac{H_{\text{т.к}}}{H_{\text{п}}}\right)u_{\text{т.к}},$$

где  $u_{\text{п}}$ ,  $u_{\text{к}}$ ,  $u_{\text{в.к}}$ ,  $u_{\text{н}}$ ,  $u_{\text{т.к}}$  – доля массы понтонов, колонн, верхнего корпуса, надстройки и технологического комплекса от массы ППБУ  $G_{\text{ППБУ}}$ , т. е.

$$u_i = G_i / G_{\text{ППБУ}},$$

где  $H_{\text{в.к}}$ ,  $H_{\text{п}}$  – высота верхнего корпуса и надстройки;  $H_{\text{т.к}}$  – возвышение центра массы технологического комплекса над верхней палубой верхнего корпуса.

Рекомендуемые значения  $u_i$  приведены в таблице.

**Значения параметров  $u_i$**

$u_{\text{п}}$	$u_{\text{к}}$	$u_{\text{в.к}}$	$u_{\text{т.к}}$	$u_{\text{н}}$	$\Sigma u_i$
0,26–0,27	0,13–0,14	0,32–0,33	0,21–0,22	0,06–0,07	1,0

Относительная доля объемов насосных отделений от объема понтона:

$$C_o = L_{\text{н.о}} / \delta L_{\text{п}},$$

где  $L_{\text{н.о}}$  – суммарная длина насосных отделений.

Объем балласта, принимаемого понтоном:

$$V_6 = V_{\text{п}}(1 - C_o).$$

Объемное водоизмещение ППБУ в рабочем положении:

$$V_p = V(2,1 - 1,1 C_o).$$

Суммарная площадь сечения колонн (площадь ватерлинии ППБУ в рабочем положении) определяется из условия равенства суммы объемов надводной части понтонов в походном положении и объемов колонн от палубы понтонов до ватерлинии в рабочем положении объемам балластных цистерн понтонов без учета насосных отделений:

$$S_{\text{к}} = \frac{V(0,91 - 1,1C_o)}{d_{\text{п}} - H_{\text{п}}}.$$

Апplikата центра масс ППБУ в рабочем положении:

$$Z_{\text{гп}} = \frac{H_{\text{п}}}{2(2,1 - 1,1C_o)} [u_d + 0,55(1 - C_o)].$$

Апplikата центра величины ППБУ в рабочем положении:

$$Z_{\text{ср}} = \frac{H_{\text{п}}}{2(2,1 - 1,1C_o)} \left[ 1,1 + \frac{S_{\text{п}} H_{\text{к}}}{V} \left( \frac{d_{\text{п}}^2}{H_{\text{п}}^2} - 1 \right) \right].$$

Диаметр круглых колонн:  $D_{\text{к}} = 1,13 \sqrt{\frac{S_{\text{к}}}{n}}$ , где  $n$  – число колонн.

Ширина колонн прямоугольного сечения:  $B_{\text{к}} = S_{\text{к}} / nB_{\text{п}}$ .

Длина участков понтона, занятых колоннами:

– круглого сечения:  $L_{\text{к}} = nD_{\text{к}}$ ;

– прямоугольного сечения:  $L_{\text{к}} = nB_{\text{к}}$ .

Длина цилиндрической части понтона без учета колонн:

– с заостренными конечностями:  $L_{\text{п1}} = L_{\text{п}} - L_{\text{к}} - 0,5 B_{\text{п}} \text{ctg} \alpha \cdot 2$ ;

– с закругленными конечностями:  $L_{\text{п1}} = L_{\text{п}} - L_{\text{к}} - 0,115 B_{\text{п}}$ .

Момент инерции относительно оси  $X$  площади сечения колонн по ватерлинии (ВЛ) (ППБУ в рабочем положении):

– круглого сечения:  $I_{\text{хк}} = n \cdot 0,05 D_{\text{к}}^4 \left( 1 + 4 A^2 B_{\text{п}}^2 / D_{\text{к}}^2 \right)$ ;

– прямоугольного сечения:  $I_{\text{хк}} = (n B_{\text{к}} B_{\text{п}}^3 / 12) \left( 1 + 3 A^2 \right)$ , где  $A = B_1 / B_{\text{п}}$ ;  $B_1$  – расстояние между диаметрными плоскостями понтонов.

Момент инерции относительно оси  $X$  площади сечения понтонов по ВЛ (ППБУ в походном положении):

– с заостренными оконечностями:

$$I_{\text{хп}} = \frac{L_{\text{п}} B_{\text{п}}^3}{2} \left[ 0,33 \left( 1 - 0,75 \frac{B_{\text{п}}}{L_{\text{п}}} \text{ctg} \alpha \right) + \delta A^2 \right];$$

– со скругленными оконечностями:

$$I_{\text{хп}} = \frac{L_{\text{п}} B_{\text{п}}^3}{2} \left[ 0,33 \left( 1 - 0,411 \frac{B_{\text{п}}}{L_{\text{п}}} \right) + \delta A^2 \right].$$

Поперечный метацентрический радиус ППБУ:

– в походном положении:  $r_{\text{п}} = I_{\text{хп}} / V$ ;

– в рабочем положении:  $r_{\text{р}} = I_{\text{хк}} / V_{\text{р}}$ .

Поперечная метацентрическая высота ППБУ:

– в походном положении:  $h_{\text{п}} = z_{\text{сп}}^y + r_{\text{п}} - z_{\text{гп}}$ ;

– в рабочем положении:  $h_{\text{р}} = z_{\text{сп}}^y + r_{\text{р}} - z_{\text{гр}}$ ;

– в походном положении при перевозке  $Q$  запасов:  $h_{\text{р}Q} = h_{\text{р}} - \frac{Q \cdot z_Q}{\gamma \cdot V_{\text{р}}}$ , где  $z_Q$  – аппликата

центра масс запасов.

В результате расчета получены характеристики, позволяющие провести анализ и выбрать их оптимальные значения:  $H$  – высота борта понтона, м;  $L$  – длина понтона, м;  $\delta$  – коэффициент общей полноты понтона;  $H_{\text{к}}$  – высота колонны (от палубы понтона), м;  $S$  – площадь колонны, м<sup>2</sup>;  $z_{\text{с}}$  – аппликата центра величины ППБУ в рабочем положении, м;  $z_{\text{гп}}$  – аппликата центра масс ППБУ в рабочем положении, м;  $h_{\text{р}}$  – метацентрическая высота в рабочем положении для  $n = 4, 6, 8$  м.

### Оценка вертикальной качки ППБУ при бурении скважин на волнении

При бурении скважин и добыче нефти основные трудности при эксплуатации ППБУ связаны с ограничением вертикальных перемещений в условиях морского волнения. Величина этих перемещений ограничивается максимальными значениями вертикального хода волнового компенсатора не более 7 м, поэтому на начальных стадиях проектирования целесообразно оценить вертикальную качку ППБУ при бурении на максимальном волнении – до 5 баллов. Влиянием других видов качки можно пренебречь. При выводе расчетных зависимостей использованы основные положения линейной теории качки и учтены две составляющие возмущающих сил и моментов: главная часть и инерционная часть, демпфирующая составляющая не учитывается [5].

Уравнение вертикальной качки без учета демпфирующей составляющей возмущающей силы установки лагом к волне:

$$\ddot{\zeta} + 2\nu\dot{\zeta} + n^2\zeta = \varkappa_{\zeta}^{\text{гл}} n^2 r_w \cos \sigma t - \varkappa_{\zeta}^{\text{ин}} q \sigma^2 r_w \cos \sigma t,$$

где  $\zeta = \zeta_0 \cos(\sigma t - \varepsilon)$  – решение уравнения;  $2\nu = \frac{N}{m + \mu}$ ;  $n^2 = \frac{\gamma S_{\text{вл}}}{m + \mu}$ ;  $q = \frac{\mu}{m + \mu}$ ;  $\sigma = 2\pi/\lambda$ ;

$\zeta_0 = r_w \frac{\varkappa_{\zeta}^{\text{гл}} - q c^2 \varkappa_{\zeta}^{\text{ин}}}{\sqrt{(1 - c^2)^2 + (2\nu)^2 c^2}}$ ;  $c = \sigma/n$ ;  $2\nu = \frac{2\nu}{m + \mu}$ ;  $r_w$  – амплитуда волны;  $m = M$  – масса уста-

новки;  $\mu$  – присоединенная масса воды при вертикальной качке;  $N$  – коэффициент сопротив-

ления вертикальной качки;  $\chi_{\zeta}^{гл}$  – редуцированный коэффициент к главной части возмущающей силы;  $\chi_{\zeta}^{ин}$  – редуцированный коэффициент к инерционной части возмущающей силы;  $\lambda$  – длина волны.

Присоединенную массу воды  $\mu$  сооружения целесообразно представить в виде

$$\mu = \mu_{п} + \mu_{пк},$$

где  $\mu_{п}$  – присоединенная масса для участков понтона без колонн;  $\mu_{пк}$  – присоединенная масса для участков понтона с колоннами.

Для цилиндрических участков понтона с прямоугольным поперечным сечением (рис. 2)  $\mu_{п} = \mu_{п}' L_{п}'$ , где  $\mu_{п}'$  определяется по номограммам для расчета качки полупогружных платформ [5] в зависимости от параметров  $\sigma^2 B_{п}/2g$ ;  $T_0/2z_c$ ;  $B_{п}/T_0$ ;  $B_{п}$ , где  $B_{п}$  – ширина понтона;  $T_0 = H_{п}$  – высота понтона;  $z_c$  – по формуле (2).

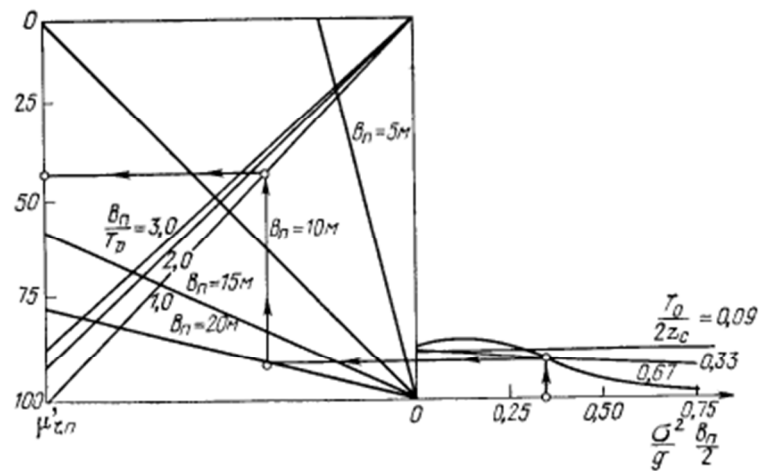


Рис. 2. Номограмма для расчета качки полупогружных платформ [5]

Длина цилиндрического участка понтона (без учета колонн  $n_1 = 3$ ):

– с треугольной (в плане) оконечностью:  $L_{п}' = L_{п} - 2\Delta L - n_1 B_{к} = L_{п} - 0,5 B_{п} \text{ctg}\alpha - n_1 B_{к}$ , где  $\Delta L = 0,5 \text{ctg}\alpha$ ;

– со скругленными (в плане) оконечностями:  $L_{п}' = L_{п} - (1 - \frac{\pi}{4}) B_{п} - n_1 B_{к}$ , где  $\Delta L = (0,5 - \frac{\pi}{8}) B_{п}$ .

Длина участков понтонов с колоннами прямоугольного и круглого сечения  $L_{к} = n_1 B_{к}$  и  $L_{к} = n_1 D_{к}$  соответственно.

Для участков понтона с колоннами:  $\mu_{пк} = \mu_{пк}' L_{к}$ , где  $\mu_{пк}'$  определяется по номограммам для расчета качки полупогружных платформ [5] в зависимости от параметров  $\sigma^2 T/g$ ;  $d/T$ ;  $d'/d$ ;  $T$ , где  $d$  – диаметр понтона;  $d'$  – диаметр колонн;  $T$  – осадка.

Безразмерный коэффициент сопротивления вертикальной качки можно принять  $2v \approx 0,06$ . Редуцированные коэффициенты:

$$\chi_{\zeta}^{гл} = \left( e^{-kT_k} - \frac{2V_{п}}{s} k e^{-kz_c} \right) \cos kb; \quad \chi_{\zeta}^{ин} = e^{-kz_c} \cos kb,$$

где  $k = \sigma^2/g$  – волновое число;  $T_k$  – высота погруженной части колонны;  $V_{п}$  – суммарный объем понтонов;  $s$  – площадь поперечного сечения колонны;  $b = B_1/2$  – половина расстояния между диаметральной плоскостью понтонов.

В приведенных формулах используются размеры и другие характеристики понтонов и колонн ППБУ, полученные выше.

**Заключение**

Приведенные в статье формулы могут быть использованы для анализа и оценки основных характеристик понтонов и стабилизирующих колонн, а также ППБУ на начальных стадиях проектирования этих сооружений. Полученные зависимости достаточно несложно использовать при составлении программ для расширения количества исследуемых объектов и выбора оптимального варианта.

Проведена оценка вертикальной качки ППБУ при бурении скважин на волнении.

Полученная методика может быть использована в учебном процессе при изучении вопросов проектирования полупогружных сооружений типа ППБУ и полупогружных плавучих кранов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Доусон Т. Проектирование сооружений морского шельфа. Л.: Судостроение, 1986. 286 с.
2. Морские инженерные сооружения. Ч. I. Морские буровые установки: учеб. / под общ. ред. В. Ф. Соколова. СПб.: Судостроение, 2003. 535 с.
3. Семенов-Тянь-Шанский В. В. Статика и динамика корабля: плавучесть, остойчивость и спуск на воду: учеб. Л.: Судостроение, 1973. 607 с.
4. Справочник по теории корабля. В 3-х т. / под ред. Я. И. Войткунского. Л.: Судостроение, 1985. Т. 1. 764 с.
5. Многокорпусные суда / под ред. В. А. Дубровского. Л.: Судостроение, 1978. 304 с.

Статья поступила в редакцию 08.12.2017

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Игнатович Владлен Сергеевич** – Россия, 299053, Севастополь; Севастопольский государственный университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры океанотехники и кораблестроения; v.s.ignatovich@mail.ru.

**Кузьмина Анна Валентиновна** – Россия, 299053, Севастополь; Севастопольский государственный университет; старший преподаватель кафедры океанотехники и кораблестроения; a.b.kuzmina@mail.ru.

**Родкина Анна Владимировна** – Россия, 299053, Севастополь; Севастопольский государственный университет; старший преподаватель кафедры океанотехники и кораблестроения; a.v.rodkina@gmail.com.



*V. S. Ignatovich, A. V. Kuzmina, A. V. Rodkina*

**RESEARCH OF MAIN CHARACTERISTICS OF SEMI-SUBMERSIBLE  
FLOATING DRILLING RIGS AT THE INITIAL STAGES OF DESIGN**

**Abstract.** The paper presents a design scheme for estimating the main characteristics of semi-submersible floating drilling rigs at the initial stages of design. According to the analysis results of loading items of the a semisubmersible drilling rig hull, it is evident that all items, except for the mass of the metal hull (technological equipment and stores, main mechanisms, ship supply and fuel), mainly depend on the depth of drilling and can be adopted on the basis of the prototype with a sufficient degree of accuracy at the beginning of design. Relative to the semisubmersible drilling rig type, the volume of ballast received for moving to the working position depends on the height of the freeboard of the pontoons and on the volume of the columns to the waterline of the working position. The ballast chosen in this way should be placed only in the lower pontoons which also have compartments for pumps and fuel tanks. Taking into account buoyancy conditions in the marching and working (semi-submersible) position, as well as requirements specification for the



design of semi-submersible floating drilling rigs, there have been found dependencies which allow obtaining and analyzing characteristics of the pontoons and columns, as well as the rig's heaving parameters required at the starting stage of design. To determine the size and volume of the hull (pontoons, stabilizing columns and upper hull), there has been proposed an order for calculating the characteristics of semi-submersible floating drilling rigs. The estimation of the rig's heaving motions when drilling occurs in the rough sea has been done. The technique obtained can be used in the educational process when studying the design of semisubmersible crafts, such as semisubmersible drilling rigs and floating cranes.

**Key words:** displacement, pontoons, stabilizing columns, metacentric height, vertical displacements.

#### REFERENCES

1. Douson T. *Proektirovanie sooruzhenii morskogo shel'fa* [Designing constructions on the sea shelf]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1986. 286 p.
2. *Morskie inzhenernye sooruzheniia. Chast' I. Morskie burovye ustanovki: uchebnik* [Marine engineering installations. Part I. Offshore drilling rigs: textbook]. Pod obshchei redaktsiei V. F. Sokolova. Saint-Petersburg, Sudostroenie Publ., 2003. 535 p.
3. Semenov-Tian-Shanskii V. V. *Statika i dinamika korablia: plavuchest', ostoichivost' i spusk na vodu: uchebnik* [Statistics and dynamics of a ship: buoyancy, stability and launching: textbook]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1973. 607 p.
4. *Spravochnik po teorii korablia. V 3-kh tomakh* [Reference book to the ship theory. In three volumes]. Pod redaktsiei Ia. I. Voitkenskogo. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1985. Vol. 1. 764 p.
5. *Mnogokorpusnye suda* [Multihull vessels]. Pod redaktsiei V. A. Dubrovskogo. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1978. 304 p.

The article submitted to the editors 08.12.2017

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Ignatovich Vladilen Sergeevich** – Russia, 299053, Sevastopol; Sevastopol State University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding; v.s.ignatovich@mail.ru.

**Kuzmina Anna Valentinovna** – Russia, 299053, Sevastopol; Sevastopol State University; Senior Lecturer of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding; a.61kuzmina@mail.ru.

**Rodkina Anna Vladimirovna** – Russia, 299053, Sevastopol; Sevastopol State University; Senior Lecturer of the Department of Ocean Technology and Shipbuilding; a.v.rodkina@gmail.com.

