

DOI 10.15589/jnn20160203  
УДК 629.5.081.5  
В67

## STUDY OF THE SHIP LAUNCH FROM LONGITUDINAL INCLINED SLIPWAY ON PNEUMATIC CYLINDERS

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПУСКА СУДНА С ПРОДОЛЬНОГО НАКЛОННОГО СТАПЕЛЯ НА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ БАЛЛОНАХ

**Liudmyla S. Voleniuk**  
liudmyla.voleniuk@nuos.edu.ua  
ORCID: 0000-0003-1983-6249

**Olexandr S. Rashkovskiy**  
olexandr.rashkovskiy@nuos.edu.ua  
ORCID: 0000-0002-3730-3748

**Л. С. Воленюк**  
асп.

**А. С. Рашковский**  
д-р техн. наук, проф.

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев*

**Abstract.** When launching a ship from a longitudinal inclined slipway, the third period is the most dangerous. There can take place capsizing or lifting, and large concerted forces occur in the bow of the hull, i.e. the pivoting pressure. By the example of a particular ship there has been studied a new method of launching on pneumatic cylinders preventing ship capsizing. It implies the ship movement along the slipway into the water on special rotating pneumatic cylinders. The calculation of the ship launch on the conventional launching device and on pneumatic cylinders was performed. For both cases the English launching curve was built. According to the obtained results, the comparative analysis was conducted. It showed that when launching a ship on pneumatic cylinders, the lifting occurs earlier and there is neither capsizing, nor jump. However, the additional buoyancy of cylinders increases the pivoting pressure. Such studies are carried out for the first time ever.

**Key words:** ship launch; longitudinal inclined slipway; capsizing; pivoting pressure; launching curve.

**Аннотация.** При спуске судна на воду с продольного наклонного стапеля наиболее опасным является третий период, в котором возможно опрокидывание или всплытие, а в носовой части корпуса возникают большие сосредоточенные усилия — баксовое давление. На примере конкретного судна исследован спуск на пневматических баллонах на предмет его опрокидывания, построена английская диаграмма и проведен анализ влияния баллонов на процесс спуска.

**Ключевые слова:** спуск судна; продольный наклонный стапель; опрокидывание; баксовое давление; диаграмма спуска.

**Анотація.** Під час спуску судна на воду з поздовжнього похилого стапеля найбільш небезпечним є третій період, в якому можливо перекидання або спливання, а в носовій частині корпусу з'являються більші зосереджені зусилля — баксовий тиск. На прикладі конкретного судна досліджено спуск на пневматичних балонах на предмет його перекидання, побудовано англійську діаграму й проведено аналіз впливу балонів на процес спуску.

**Ключові слова:** спуск судна; поздовжній похилий стапель; перекидання; баксовий тиск; діаграма спуску.

### REFERENCES

- [1] Aleksandrov V. L., Bavykin G. V., Dogadin A. V., Rashkovskiy A. S., Sokolov V. F. *Osnovy tekhnologii sudostroeniya: uchebnik* [Basics of shipbuilding technology: text book]. Saint-Petersburg, Sudostroenie Publ, 1995. 400 p.
- [2] Vlasov V. G. *Spusk na vodu* [Launch]. L.-M., ONTI Publ., 1936. 236 p.
- [3] Volenyuk L. S. *Issledovanie spуска sudov na vodu s pomoshchyu pnevmaticheskikh ballonov* [Study of ship launch on pneumatic cylinders]. MOTROL — Commission of Motorization and Energetic in Agriculture, 2014, vol. 16, no 2, pp. 189–193.
- [4] Volenyuk L. S. *Metody staticheskogo issledovaniya spуска sudna s prodolnykh naklonnykh stapeley* [Methods of statistical study of ship launch from longitudinal inclined slipway]. *Materialy V Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii «Innovatsii v sudnobuduvanni ta okeanotekhnitsi»* [Proceedings of the V international

- scientific and technical conference «Innovations in shipbuilding and ocean engineering»]. Mykolaiv, NUK Publ., 2014.
- [5] Volenyuk L. S. *Sticheskie issledovanie spuska sudna na pnevmaticheskikh ballonakh* [Static study of vessel descent on pneumatic cylinders] *Materialy Vseukrainskoi naukovno-tekhnichnoi konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu «Suchasni tekhnologii proektuvannia, pobudovy, ekspluatatsii i remontu suden, morskikh tekhnichnykh zasobiv i inzhenernykh sporud»* [Proceedings of the All-Ukrainian scientific conference with international participation «Modern technologies of design, construction, operation and repair of ships, marine engineering facilities and engineering structures»]. Mykolaiv, NUK Publ., 2014.
- [6] Volkov G. N. *Spusk sudov na vodu i spuskovye raboty: prakticheskoe rukovodstvo dlya masterov* [Ship launch and launching operations: practical guide for foremen]. L.-M., ONTI Publ., 1935. 120 p.
- [7] Zagaykevich D. N. *Prodolnyy spusk sudov* [Longitudinal ship launch]. Leningrad, Sudpromgiz Publ., 1950. 240 p.
- [8] Kolomiets I. N., Smirnova L. S. *Innovatsionnye tekhnologii v otechestvennom sudostroenii* [Innovative technologies in domestic shipbuilding] *Materialy mezhdunarodnoy nauchno–prakticheskoy konferentsii «Sovremennye problemy i puti ikh resheniya v nauke, transporte, proizvodstve i obrazovanii — 2010»*. [Proceedings of the international scientific and practical conference «Present problems and their solutions in science, transport, production and education 2010»]. Odessa, UkrNIIMF Publ., 2010, pp. 41–42.
- [9] *Korabelnyy portal* [Nautical portal]. Mode of access: [http://korabley.net/news/spusk\\_sudna\\_na\\_vodu/2012-07-25-1230](http://korabley.net/news/spusk_sudna_na_vodu/2012-07-25-1230).
- [10] Kurdyumov A. A., Kozlyakov V. V., Leyzerman V. Yu., Sokolov V. F. *Spusk sudov* [Ship launch]. Leningrad, Sudostroenie Publ., 1969. 416p.
- [11] Rashkovskiy O. S., Smyrnova L. S. *Vdoskonalennia spusku suden zi stapelia «0» PAT «Chornomorskyi sudnobudivnyi zavod»* [Improvement of ship launch from the «0» slipway of the «Chernomorsky Shipbuilding Yard» OJSC]. *Elektronne vydannia «Visnyk Natsionalnoho universytetu korablebuduvannia» — NUS Journal. Electronic Editon*. Mykolaiv, NUK Publ., 2011, no. 5. Mode of access: <http://ev.nuos.edu.ua>.
- [12] Rashkovskiy A. S., Smirnova L. S. *Issledovaniya po sozdaniyu ploskoy poverkhnosti prodolnykh naklonnykh stapeley dlya spuska sudov na pnevmaticheskikh ballonakh* [Study on constructing the flat surface of longitudinal inclined slipway for ship launch on pneumatic cylinders] *Zb. nauk. prats NUK — Collection of Scientific Publications of NUS*. Mykolaiv, NUK Publ., 2013, no. 1, pp. 11–15.
- [13] Smirnova L. S. *Osobennosti spuska sudov na vodu s naklonnykh prodolnykh stapeley na sudostroitelnykh zavodakh g. Nikolaeva* [Specifics of ship launch from an inclined slipway at the shipyards of Mykolaiv city] *Materialy VI studencheskoy nauchno–tekhnicheskoy konferentsii «Sovershenstvovanie proektirovaniya i ekspluatatsii morskikh sudov i sooruzheniy»* [Proceedings of the VI students' scientific and technical conference «Improvement of designing and operating marine vessels and constructions»]. Sevastopol, SevNTU Publ., 2011, pp. 68–69.
- [14] Marine Air Bags. Mode of access: <http://gcaptain.com/maritime/blog/air-bags-a-cost-effective-ship-launching-technique-interview/>.
- [15] Marine airbags. Mode of access: <http://qingdaoyongtai.com>.
- [16] Rashkovskiy S. A., Rashkovskiy A. S. Rolling resistance of marine airbags at the longitudinal inclined slipway during ship launching International Shipbuilding Progress. Amsterdam, The Netherlands, 2014, no 61, pp. 41–59.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В судостроении известны следующие виды спуска судов на воду: спуск всплытием, механизированный, под действием собственной силы тяжести [1, 2].

Наиболее проблемным считается спуск судна с продольного наклонного стапеля, поскольку он является неуправляемым. Чтобы осуществить спуск судна на воду, под его корпусом на стапеле устанавливают специальные сложные спусковые устройства. К основным недостаткам данного способа спуска судна можно отнести: необходимость применение большого числа металлоконструкций в виде полозьев

и большого количества древесины для спусковых дорожек и в составе спусковых устройств; невозможность управления процессом спуска; продолжительная подготовка спускового устройства и высокая трудоемкость его монтажа; сложность пересадки судна с опорных устройств на спусковые; высокая трудоемкость подготовки стапеля, в частности, приготовления и нанесения насалки на спусковые дорожки; загрязнение акватории завода жировыми составляющими насалки; сложность демонтажа спускового устройства, сбора и подъема его элементов на предстапельную площадку после спуска судна и др. [6, 13].

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Выходом из сложившейся ситуации может послужить новый способ спуска судов — спуск на пневматических баллонах, представляющий собой движение судна в воду на специальных вращающихся баллонах [14–16].

Применение этого способа позволяет сэкономить средства на изготовление и монтаж спусковых устройств, упростить подготовительные работы, связанные с технологическим процессом спуска, ликвидировать загрязнение акватории завода. Для проведения спуска таким способом достаточно создать плоскую наклонную поверхность стапеля из бетона, мелкого щебня или крупного песка [12, 14, 15]. На большинстве современных судов машинное отделение и надстройка расположены в кормовой части судна. Поэтому в третьем периоде спуска с продольного наклонного стапеля возможно опрокидывание судна. Такие исследования проводятся впервые.

**ЦЕЛЬ СТАТЬИ** — исследовать на примере конкретного судна его спуск с продольного наклонного стапеля на пневматических баллонах на предмет опрокидывания в третьем периоде, определить баксовое давление и провести анализ влияния баллонов на процесс спуска.

### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

При расчете спуска судна с продольного наклонного стапеля предполагаем, что движение судна по стапелю происходит с небольшой скоростью и роль гидродинамических сил пренебрежимо мала, т. е. проводим статическое исследование.

Основная задача статического исследования — установить положение судна, при котором возникает угловое перемещение — опрокидывание или всплытие. Представляют интерес возникающие при этом сосредоточенные усилия, а также положение судна в любой точке последующего пути [3, 5, 7, 10].

Для определения пути, проходимого судном к началу всплытия, и величины баксового давления, а также для установления возможности опрокидывания, достаточно располагать данными статического расчета спуска в третьем периоде. Третий период начинается от начала всплытия и заканчивается полным всплытием после соскакивания судна с порога. Движение судна происходит параллельно спусковым дорожкам и на него действуют силы тяжести, реакция стапеля и давление воды [1, 8, 9]. Результаты такого расчета выполняются с помощью масштаба Бонжана и представляются графически в виде диаграммы спуска — совокупности графиков, изображающих зависимость от пути  $S$ , пройденного в третьем периоде, следующих величин (рис. 1) [7, 8, 9]:

- силы веса  $D_C$ ;
- силы плавучести  $\gamma V$ ;

- объем погруженной в воду части корпуса судна  $V$ ;
- удельный вес воды  $\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3$ ;
- момента силы веса относительно заднего конца полозьев  $M_D$ ;
- момента силы плавучести относительно заднего конца полозьев  $M_P$ ;
- момента силы веса относительно порога  $M'_D$ ;
- момента силы плавучести относительно порога  $M'_P$ .

Как правило, спуск судна на воду производится кормой. Используем связанную с судном систему координат  $x'y'z'$ , в которой координатными плоскостями являются [2, 7]:

- плоскость  $xO'y'$ , совпадающая с основной плоскостью судна;
- диаметральной плоскостью  $xOz'$ ;
- поперечная плоскость  $y'O'z'$ , проходящая через центр тяжести судна точку  $G$ , т. е. отстоящая от плоскости мидель-шпангоута  $yOz$  на расстояние, равное абсциссе центра тяжести  $x_G$ .

Абсциссу центра величины и центра тяжести площади ватерлинии, отсчитываемых от плоскостей  $yOz$  и  $y'O'z'$  обозначим соответственно через  $x_C$ ,  $x_f$  и  $x'_C$ ,  $x'_f$ , откуда  $x'_C = x_C - x_G$  и  $x'_f = x_f - x_G$ .

В расчетах примем следующие обозначения элементов неподвижной части спускового устройства:

- $\beta$  — угол наклона спусковых дорожек (уклон стапеля);
- $T_0$  — глубина воды на пороге стапеля;
- $\lambda$  — длина подводной части спусковых дорожек.

Элементы подвижной части спускового устройства обозначим:

- $\alpha$  — угол наклона основной плоскости судна к горизонту;
- $L_1$  — длина передней части полозьев (от плоскости  $y'O'z'$  до кормового перпендикуляра);
- $L_2$  — длина задней части полозьев (от плоскости  $y'O'z'$  до носового перпендикуляра);
- $b$  — длина пневматического баллона;
- $c$  — возвышение киля судна над спусковыми дорожками в плоскости  $y'O'z'$ .

Угол  $\alpha$  незначительно отличается от угла  $\beta$ , поэтому можно считать, что  $\text{tg } \alpha \approx \sin \alpha \approx \alpha$  и  $\cos \alpha \approx 1$ .

Для проведения расчетов в качестве конкретного примера рассмотрен танкер с характеристиками, приведенными в табл. 1.

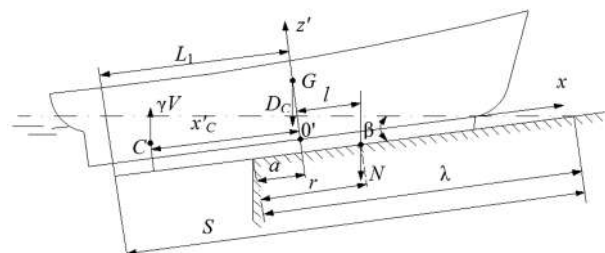


Рис. 1. Силы, действующие при спуске судна

Для спуска судна на пневматических баллонах необходимо рассчитать их число и расстояние между ними [4, 11]. Число пневматических баллонов для спуска судна может быть определено по формуле:

$$N = K_1 \frac{Q \cdot g}{C_b \cdot R \cdot L_d} + N_1, \quad (1)$$

где  $K_1$  — коэффициент запаса,  $K_1 = 1,2 \dots 1,3$ ;  $g$  — ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $R$  — допустимая нагрузка на единицу длины баллона,  $R = 113,21 \text{ кН/м}$ ;  $L_d$  — длина соприкосновения между днищем судна и баллоном на миделе,  $L_d = 15 \text{ м}$ ;  $N_1$  — количество пневматических баллонов между порогом стапеля и кормовым перпендикуляром,  $N_1 = 1$ .

В соответствии с (1)  $N = 53$  шт.

Рабочая длина баллона равна 15 м, что вдвое меньше, чем ширина спускаемого судна. Поэтому необходимо устанавливать баллоны под судном в два ряда (рис. 2). Такое размещение баллонов обеспечивает необходимую остойчивость судну во время спуска. Тогда общее число баллонов составит  $N = 106$  шт.

Расстояние между центрами двух соседних пневматических баллонов должно соответствовать требуемой прочности конструкций корпуса судна.

Расстояние между центрами может быть рассчитано:

$$\frac{L}{N-1} \leq 6 \text{ или } \frac{L}{N-1} \geq \frac{\pi D_1}{2} + 0,5, \quad (2)$$

где  $D_1$  — наружный диаметр пневматического баллона.

Исходя из длины соприкосновения между днищем судна и баллоном на миделе  $L_d$  для спуска выбираем баллоны с характеристиками, приведенными в табл. 2 [14, 15]. Расстояние между баллонами принимаем равным 3,3 м.

Для определения опрокидывания при спуске судна в третьем периоде строим диаграмму спуска. Наиболее удобной является английская диаграмма.

Таблица 1. Характеристики танкера

Характеристики	Значения
Длина между перпендикулярами $L_{\perp\perp}$ , м	174,6
Ширина судна $B$ , м	31,1
Высота борта судна $H$ , м	17,1
Осадка судна $T$ , м	12,2
Коэффициент общей полноты корпуса судна $C_b$	0,79
Плотность груза $\mu$ , т/м <sup>3</sup>	0,75
Грузоподъемность судна $D$ , т	59610
Спусковой вес судна и спускового устройства $D_c$ , т	12035,11
Абсцисса центра масс (ЦМ) судна порожнем $x_{c_2}$ , м	-15,12
Апplikата центра масс (ЦМ) судна порожнем $z_{c_2}$ , м	10,93

Таблица 2. Характеристика выбранных баллонов для спуска судна

Характеристики	Значения
Наружный диаметр $D_1$ , м	1,8
Рабочая высота, м	0,9
Допустимая нагрузка на единицу длины, кН/м	113,21
Максимальная длина, м	18
Рабочая длина, м	15
Вес, кг	581
Объем, м <sup>3</sup>	48,5

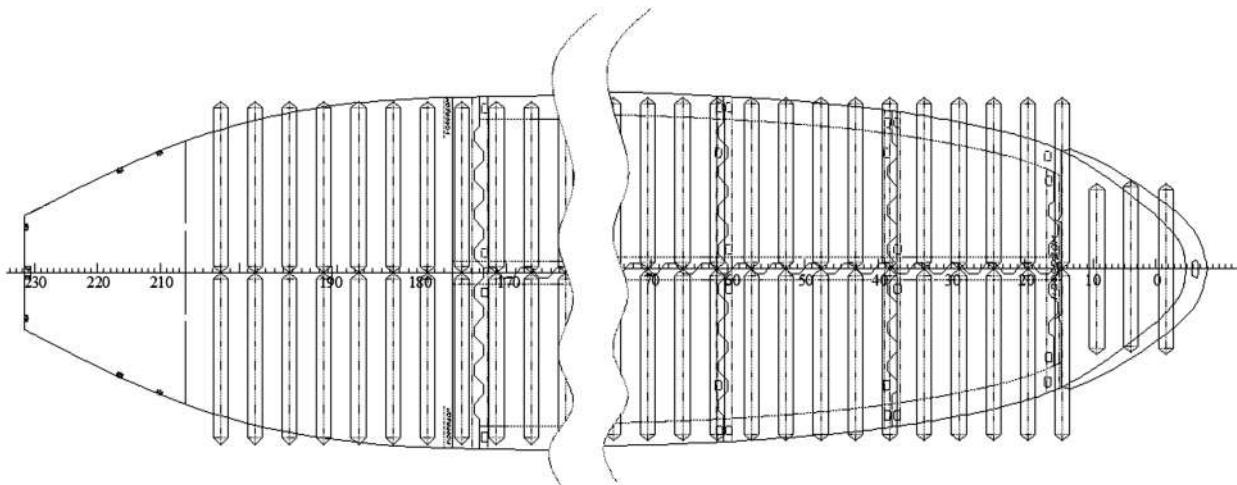


Рис. 2. Схема установки баллонов под судном

В третьем периоде продольного спуска ЦМ судна движется параллельно плоскости стапеля, что позволяет определить: начало всплытия, опрокидывание и максимальное значение баксового давления. Статический расчет спуска судна в третьем периоде выполняется с помощью масштаба Бонжана (рис. 3). За начало третьего периода считается момент, когда кормовой перпендикуляр достигает уреза воды [3, 10].

Выходными данными для расчета принимаются следующие: спусковой вес судна и спускового устройства  $D_c$ ; координаты его ЦМ  $x_g$  и  $z_g$  (табл. 1); длина переднего конца спускового устройства  $L_1 = 72,2$  м; длина заднего конца спускового устройства  $L_2 = 102,4$  м; возвышение киля над плоскостью стапеля  $c = 0,9$  м; уклон стапеля  $\beta = 0,05$ ; угол наклона основной плоскости судна к горизонту  $\alpha = \beta = 0,05$ ; расчетная глубина воды на пороге  $T_0 = 3,6$  м; длина подводной части стапеля  $\lambda = 68,7$  м; удельный вес воды  $\gamma = 1,025$  т/м<sup>3</sup>.

В предварительных расчетах посадки и устойчивости судна рассчитываем приближенные значения ватерлинии всплытия и баксовое давление. Для этого по гидростатическим кривым для водоизмещения  $D_c$  (табл. 1) находим следующие характеристики спущенного на воду судна:

- среднюю осадку  $T = 2,98$  м;
- координаты ЦВ  $x_c = 7,088$  м и  $z_c = 1,561$  м;
- абсциссу ЦМ площади ВЛ  $x_f = 7,195$  м;
- продольный метацентрический радиус  $R_1 = 646,3$  м.

Рассчитываем продольную метацентрическую высоту  $H_1 = R_1 + z_c - z_g = 639,93$  м, дифферент:  $\psi = \frac{x_g - x_c}{H_1} = -0,0349$  и предварительное значение баксового давления:  $N_6 = \frac{D_c H_1}{L_2 - x'_f} (\alpha + \psi) = 1678,2$ , (3)

где  $x'_f$  — отстояние центра тяжести площади ватерлинии от плоскости  $y'O'z'$ ,  $x'_f = x_f - x_g = 22,315$ .

По гидростатическим кривым для водоизмещения  $V_2 = \frac{1}{\gamma} (D_c - N_6) = 10104,31$  т находим значение средней осадки  $T'_{cp} = 2,5$  м и  $x'_{p2} = 7,28$  м.

Параметр верхней расчетной ватерлинии с 20%-м запасом:

$$h' = 1,2 (T'_{cp} + x'_f \cdot \alpha), \quad (4)$$

где  $x'_f = x_f - x_g = 22,4$  м,  $h' = 4,41$  м.

Параметры нижней расчетной ватерлинии определяются из условия нахождения центра судна на пороге:

$$h'' = T_0 - c = 2,7 \text{ м.}$$

Нижняя расчетная ватерлиния определяется по осадкам на носовом  $T_H$  и кормовом  $T_K$  перпендикулярах:

$$T_H = h'' - \left( \frac{L}{2} - x_g \right) \alpha = -2,67 \text{ м;}$$

$$T_K = h'' + \left( \frac{L}{2} + x_g \right) \cdot \alpha = 6,48 \text{ м;} \quad (5)$$

Положение нижних расчетных ватерлиний определяется величиной:

$$\Delta h = (h' - h'')/n = 0,342 \text{ м,} \quad (6)$$

где  $n = 5$  — число расчетных ватерлиний.

В проводимых расчетах принимаем расстояние между ватерлиниями равное 0,35 м. От верхней расчетной ватерлинии вниз с шагом  $\Delta h = 0,35$  м параллельно ей наносим на масштабе Бонжана ватерлинии (рис. 3).

Дальнейшие расчеты проводим в табличной форме (табл. 3).

По ватерлиниям с масштаба Бонжана (рис. 3) снимаем значения площадей шпангоутов  $\omega$ , для каждой ватерлинии, находим силу плавучести  $\gamma V$  и ее статический момент  $M$  относительно плоскости  $yOz$ . Тогда статический момент  $M'$  относительно плоскости  $y'O'z'$  будет равен  $M' = M - \gamma V x_g$  (табл. 3).

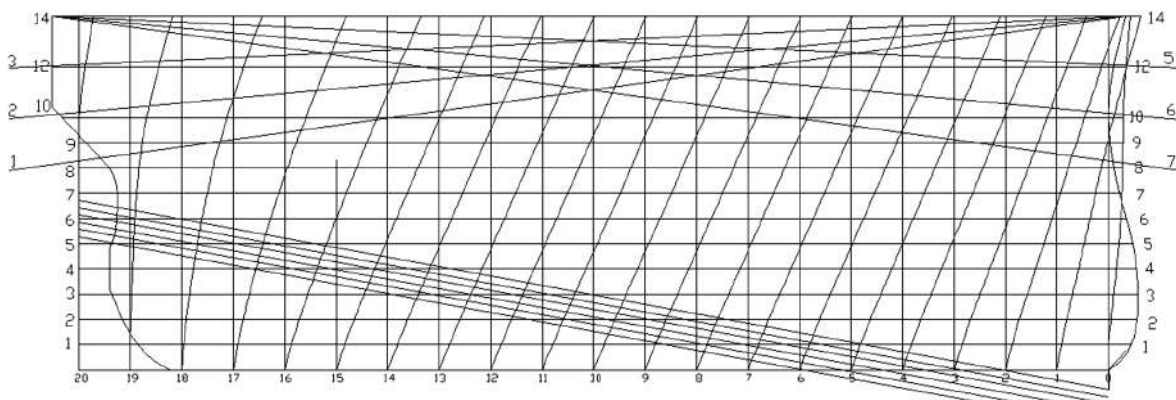


Рис. 3. Масштаб Бонжана с нанесенными ватерлиниями

Таблица 3. Расчет водоизмещения и статических моментов для ВЛ 1

1	2	3	4	5	6
		площади шпангоутов			
№ шпангоутов	множитель	нос	корма	3-4	2(3-4)
10	0	50,838		50,838	0
9,11	1	37,8965	63,799	-25,9025	-25,9025
8,12	2	25,0875	76,1345	-51,047	-102,094
7,13	3	12,631	87,8025	-75,1715	-225,515
6,14	4	0,8685	97,904	-97,0355	-388,142
5,15	5	0	101,8135	-101,814	-509,068
4,16	6	0	96,116	-96,116	-576,696
3,17	7	0	76,7455	-76,7455	-537,219
2,18	8	0	45,363	-45,363	-362,904
1,19	9	0	11,6045	-11,6045	-104,441
0,2	5	0	0	0	0
		127,3215	657,2825		-2831,98
Σ1			784,6		
Σ2			-2831,98		
$\gamma V$			7020,83		
$M$			-221229,2		
$M'$			-115074,2		

Силу плавучести пневматических баллонов и действующие моменты определяем аналогично как для дополнительных понтонов, которые иногда закрепляют на корпусе судна для увеличения силы плавучести.

При расчете характеристик баллонов следует учитывать, что при прохождении судном расстояния  $S$ , баллоны пройдут расстояние  $s$ . Для определения этого расстояния считаем, что баллон является нерастяжимой оболочкой [16], тогда  $s = 1/2 S$ . Исходя из этого, находим число баллонов, оказывающих воздействие на процесс спуска судна:

$$N' = \frac{\frac{S}{2} + l}{\tilde{n} + \frac{\pi}{2}(D_1 - \tilde{n}) + l}, \quad (7)$$

где  $l$  — расстояние между баллонами.

По формуле (8) рассчитан путь, пройденный судном с начала третьего периода, а по (9) — абсцисса силы плавучести:

$$S = L_1 + \frac{h+c}{\beta}; \quad (8)$$

$$x'_c = \frac{M'}{\gamma V}. \quad (9)$$

Объем баллонов и их абсциссы определяем по чертежу.

Далее рассчитываем моменты силы плавучести относительно заднего конца полоза (10), и относительно порога (11):

$$M_V = \gamma V (L_2 - x'_c); \quad (10)$$

$$M'_V = -\gamma V (a + x'_c), \quad (11)$$

где  $a$  — отстояние центра масс от порога стапеля;  $a = L_1 + \lambda - S$ , м (рис. 1).

Аналогичные расчеты выполняются для каждой ватерлинии в наиболее удобной табличной форме. Результаты представлены в виде английской диаграммы (рис. 4).

По данным расчетов в зависимости от пути  $S$ , пройденного судном в третьем периоде, на диаграмме (рис. 4) строятся следующие линии: прямая  $\gamma V$ ; кривая  $M_V$ ; прямая  $M_D = D_C \cdot L_2 = 123,24 \cdot 10^4$  тм; кривая  $M'_V$ ; прямая  $M'_D$  (проведена через две точки — точку с абсциссой  $S = 140,9$  м и ординатой  $M'_D = D_C \cdot a = 0$  тм и точку с абсциссой  $S = 173,54$  м и ординатой  $M'_D = D_C \cdot a = -32,16 \cdot 10^4$  тм; прямая горизонтальная  $D_C$  [4, 11, 16].

По построенной диаграмме можно сделать следующее заключение:

– опрокидывание судна при спуске на баллонах в третьем периоде не произойдет, поскольку  $M'_V > M'_D$ . Критическое положение может возникнуть при  $S_{кр} = 152,75$  м при спуске на баллонах и при  $S_{кр} = 159,12$  м при спуске на традиционных спусковых устройствах;

– всплытие судна в III периоде начинается на расстоянии  $S = 152,75$  м при спуске на баллонах и на расстоянии  $S = 165,22$  м при спуске на традиционных спусковых устройствах ( $M_V = M_D$ );

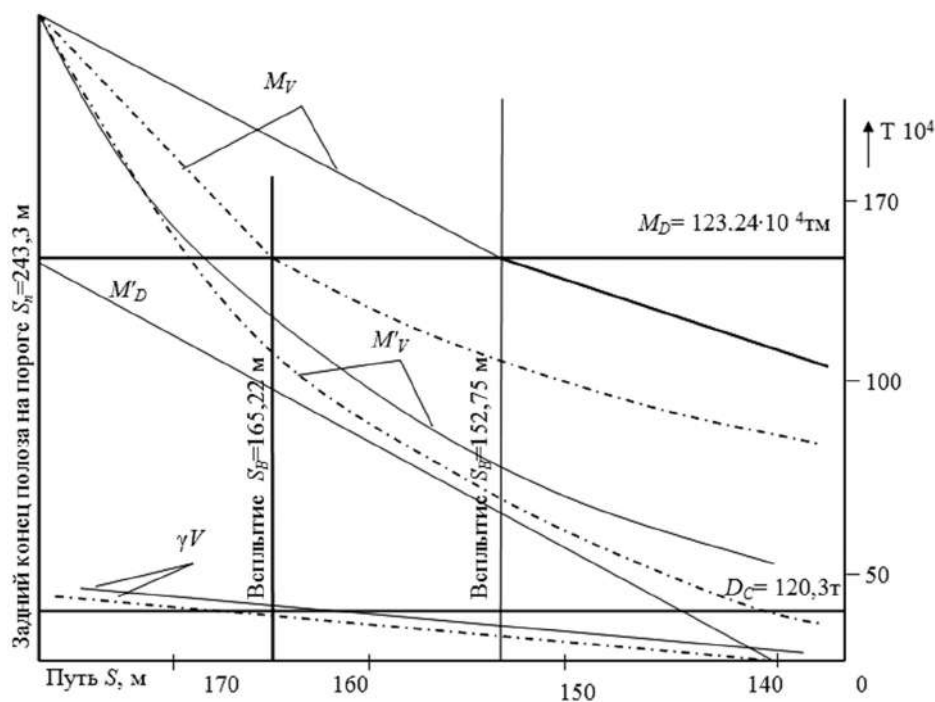


Рис. 4. Английский диаграммы спуска судна:

— с учетом баллонов; - - - без учета баллонов

– наибольшая величина баксового давления в этот момент  $N_6 = D_C - \gamma V = 4507,1$  т при спуске на баллонах и  $N_6 = 2028,1$  т при спуске на традиционных спусковых устройствах;

– наибольшее углубление переднего конца спускового устройства определяется по формуле  $T_1 = S \cdot \beta = (\lambda + L_1 + L_2) \beta = 12,75$  м [1, 10].

**ВЫВОДЫ.** 1. Выполнен расчет спуска судна с продольного наклонного стапеля на традиционном спусковом устройстве и на пневматических баллонах

на примере танкера грузоподъемностью 59610 т. Для обоих случаев построена диаграмма спуска.

2. По полученным результатам проведен сравнительный анализ, показавший, что при спуске судна на пневматических баллонах всплытие наступает раньше, опрокидывание и прыжок отсутствуют. Однако появляющаяся дополнительная плавучесть от баллонов увеличивает баксовое давление в 2,2 раза, что находится в пределах допустимого.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Александров, В. Л. Основы технологии судостроения: учебник [Текст] / В. Л. Александров, Г. В. Бавыкин, А. В. Догадин, А. С. Рашковский, В. Ф. Соколов. — С-Пб. : Судостроение, 1995. — 400 с.
- [2] Власов, В. Г. Спуск на воду [Текст] / В. Г. Власов. — Л.-М. : ОНТИ, 1936. — 236 с.
- [3] Воленюк, Л. С. Исследование спуска судов на воду с помощью пневматических баллонов [Текст] / Л. С. Воленюк // MOTROL — Commission of Motorization and Energetic in Agriculture, 2014. — Vol. 16. — No 2. — P. 189–193.
- [4] Воленюк, Л. С. Методы статического исследования спуска судна с продольных наклонных стапелей // Матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». — Миколаїв : НУК, 2014.
- [5] Воленюк, Л. С. Статическое исследование спуска судна на пневматических баллонах // Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд». — Миколаїв : НУК, 2014.
- [6] Волков, Г. Н. Спуск судов на воду и спусковые работы: практическое руководство для мастеров [Текст] / Г. Н. Волков. — Л.-М. : ОНТИ, 1935. — 120 с.
- [7] Загайкевич, Д. Н. Продольный спуск судов [Текст] / Д. Н. Загайкевич. — Л. : Судпромгиз, 1950. — 240 с.
- [8] Коломиец, И. Н. Инновационные технологии в отечественном судостроении [Текст] / И. Н. Коломиец, Л. С. Смирнова // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании — 2010». — Одесса : УкрНИИМФ, 2010. — С. 41–42.

- [9] Корабельный портал [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://korabley.net/news/spusk\\_sudna\\_na\\_vodu/2012-07-25-1230](http://korabley.net/news/spusk_sudna_na_vodu/2012-07-25-1230).
- [10] Курдюмов, А. А. Спуск судов [Текст] / А. А. Курдюмов, В. В. Козляков, В. Ю. Лейзерман, В. Ф. Соколов и др. — Л. : «Судостроение», 1969. — 416 с.
- [11] Рашковський, О. С. Вдосконалення спуску суден зі стапеля «0» ПАТ «Чорноморський суднобудівний завод» [Електронний ресурс] / О. С. Рашковський, Л. С. Смирнова // Електронне видання «Вісник Національного університету кораблебудування». — Миколаїв : НУК, 2011. — № 5. Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua>.
- [12] Рашковский, А. С. Исследования по созданию плоской поверхности продольных наклонных стапелей для спуска судов на пневматических баллонах [Текст] / А. С. Рашковский, Л. С. Смирнова // 36. наук. праць НУК. — Миколаїв : НУК, 2013. — № 1. — С. 11–15.
- [13] Смирнова, Л. С. Особенности спуска судов на воду с наклонных продольных стапелей на судостроительных заводах г. Николаева [Текст] / Л. С. Смирнова // Материалы VI студенческой научно-технической конференции «Совершенствование проектирования и эксплуатации морских судов и сооружений». — Севастополь : СевНТУ, 2011. — С. 68–69.
- [14] Marine Air Bags [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gcaptain.com/maritime/blog/air-bags-a-cost-effective-ship-launching-technique-interview/>.
- [15] Marine airbags [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://qingdaoyongtai.com>.
- [16] Rashkovskiy S.A., Rashkovskiy A.S. Rolling resistance of marine airbags at the longitudinal inclined slipway during ship launching International Shipbuilding Progress. — Amsterdam, The Netherlands, 2014. — № 61. — P. 41–59.

---

© Л. С. Воленюк, А. С. Рашковский

Надійшла до редколегії 12.04.2016

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК  
д-р техн. наук, проф. В. О. Некрасов