



**Alexandr S. Rashkovskiy**  
Рашковский  
Александр  
Саулович

УДК 629.5.081.3  
Р 28

## INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN COMPOSITE FLOATING DOCKS CONSTRUCTION

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОМПОЗИТНЫХ ПЛАВУЧИХ ДОКОВ

DOI 10.15589/SMI20140204

**Alexandr S. Rashkovskiy** А. С. Рашковский, д-р техн. наук, проф.<sup>1</sup>  
oleksandr.rashkovskiy@nuos.edu.ua  
ORC ID: 0000-0002-3730-3748

**Dmitriy V. Ermakov** Д. В. Ермаков, инж.<sup>2</sup>  
office@pallada.ks.ua  
ORC ID: 0000-0002-7759-8819

**Zhao Dong** Чжао Дун, доц.<sup>3</sup>  
304932619@gg.com  
ORC ID: 0000-0002-9537-8529



**Dmitriy V. Ermakov**  
Ермаков  
Дмитрий  
Владиславович

<sup>1</sup> *Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Nikolaev*

<sup>2</sup> *Kherson State Plant "Pallada", Kherson*

<sup>3</sup> *Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang, PRC*

<sup>1</sup> *Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев*

<sup>2</sup> *Херсонский государственный завод «Паллада», г. Херсон*

<sup>3</sup> *Университет науки и технологии Цзянсу, г. Чжэнь Цзянь, КНР*

**Abstract.** The aim of the article is the familiarization with the developed innovative technologies in the construction of reinforced-concrete floating structures on the example of composite floating docks (reinforced-concrete pontoon, steel towers). The advantages of composite floating structures compared with all-metal ones and the results of reinforced-concrete elements optimization which provided the minimum usage of steel have been given. The new materials for floating reinforced-concrete structures are developed. This structures are based on the modified concrete which provides their long time performance and exploitation duration in the sea water. Such structures can perform up to 70–80 years that is more than steel ones in 1.5–2 times.

The construction technology of composite floating docks which have almost unlimited lifting force and sizes from separated large parts with further caissonless jointing of reinforced-concrete pontoon on length and width afloat without submerged-technical works is developed. This technology can be used both at the building yard and at the place of its exploitation and the technology does not have any analogues in the worldwide practice of dock construction. The research results can be used for design and construction of any floating structures exploited in the sea water.

**Keywords:** floating dock, steel-concrete pontoon, technology of pontoon merging, competitive docks, the range of docks.



**Zhao Dong**  
Чжао Дун

**Аннотация.** Приведена разработанная технология строительства композитных плавучих доков практически неограниченной подъемной силы и размеров из отдельных крупногабаритных частей с последующим бескессонным сращиванием железобетонного понтона на плаву без подводно-технических работ.

**Ключевые слова:** плавучий док, железобетонный понтон, технология сращивания понтона, конкурентоспособные доки, конструктивный ряд доков.

**Анотація.** Наведено розроблену технологію побудови композитних плавучих доків практично необмеженої підйомної сили та розмірів з окремих великогабаритних частин з подальшим безкесонним зрощуванням залізобетонного понтона на плаву без підводно-технічних робіт.

**Ключові слова:** плавучий док, залізобетонний понтон, технологія зрощування понтона, конкурентоспроможні доки, конструктивний ряд доків.

### References

Borchevskiy O.A., Finkel G.N. Tendentsii razvitiya sudopodemnykh sooruzheniy [Tendencies of Shiplift Structures Development]. *Proektirovanie i ekspluatatsiya sudopodemnykh*

sooruzheniy — *Design and operation of the ship salvaging constructions*, Leningrad, Sudostroyeniye Publ., 1977, issue. 87, pp. 8–13.

Goftarsh P. S. *Tekhnologicheskie trebovaniya k plavuchim dokam* [Technology Requirements to Floating Docks]. Leningrad, Sudostroyeniye Publ., 1979. 126 p.

Nikolayev B. V. Sostoyaniye i perspektivy razvitiya nekotorykh tipov sudopodemnykh sooruzheniy [Status and Prospects of Development of Some Types of Shiplift Structures]. *Proyektirovaniye i ekspluatatsiya sudopodyemnykh sooruzheniy — Design and operation of the ship salvaging constructions*, Leningrad, Sudostroyeniye Publ., 1987, issue. 87, pp. 14–16.

Slutskiy M. G., Maloman V. F. *Sposib stykuvannia pidvodnykh chastyn zalizobetonnoi plavuchoi sporudy* [Method of joining of underwater parts of reinforced-concrete floating structure] Patent UA, no 7809, 2005.

Lovyagin M. A., Korsakov V. M., Kaganyer Ya. B. et al. *Plavuchiye metalichiskiye doki* [Floating metal docks]. Leningrad, Sudostroyeniye Publ., 1964. 336 p.

Rashkovskiy A. S., Slutskiy N. G., Konnov V. N. et al. *Poyektirovaniye, tekhnologiya i organizatsiya stroitelystva kompozitnykh plavuchikh dokov* [Design, technology and organization of composite floating docks construction]. Nikolaev, RAL-poligrafiya Publ., 2008. 614 p.

Slutskiy N. G. *Sostoyaniye i perspektivy stroitelstva kompozitnykh plavuchikh sooruzheniy* [Status and Prospects of Construction of Composite Floating Structures]. *Bezopasnost moreplavaniya i ee obespechenie pri proektirovanii i postroyke sudov: materialy mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Marine Navigation Safety and its Support under Ships Design and Construction: Proceedings of international scientific and technical conference]. Nikolaev, NUK Publ., 2004, pp. 85–87.

Slutskiy N. G., Maloman V. F., Rashkovskiy A. S. *Stroitelstvo zhelezobetonnykh plavuchikh sooruzheniy v Ukraine* [Construction of reinforced-concrete floating structures in Ukraine]. *Rybnoye khozyaistvo Ukrainy. Spets. vyp. "Morskkiye tekhnologii: problemy i resheniya — 2004"* — [Ukrainian fish industry. Special issue "Offshore technology: problems and solutions — 2004"]. Kerch, KGMTI Publ., 2004, no 7, pp. 11–14.

Slutskiy N. G. *Novye napravleniya v proektirovanii i tekhnologii stroitelstva kompozitnykh plavuchikh dokov bolshoy podemnoy sily* [New Trends in construction design and technology of composite floating docks of large lift capacity]. *Aktualnye problemy proektirovaniya i ekspluatatsii sudov. Mater. nauch. simpoziuma. T. 1. Transport* [Urgent problems of ship design and exploitation. Proceedings of scientific symposium. Vol. 1. Transport]. Odessa, Chernomor'ye Publ., 2008, pp. 18–23.

Slutskiy N. G., Rashkovskiy A. S. *Opyt stroitelstva kompozitnykh plavuchikh dokov bolshoy podemnoy sily na KhGZ "Pallada"* [Construction Experience of Composite Floating Docks of Large Lift Capacity at KSP "Pallada"]. *Rybne hospodarstvo Ukrainy — Ukrainian fish industry*, Kerch, KGMTI Publ., 2007, no 3–4, pp. 44–46.

Slutskiy N. G., Rashkovskiy A. S., Yermakov D. V. *Ekonomicheskaya effektivnost stroitelstva i ekspluatatsii kompozitnykh plavuchikh dokov bolshoy podemnoy sily* [Economic efficiency of construction and exploitation of composite floating docks of large lift capacity]. *Ekonomika: problemy teorii ta praktyky: Zbirnyk naukovykh prats* [Economy: Issues of Theory and Practice: Coll. sciences. works], Dnipropetrovsk, DNU Publ., 2007, issue 232, vol. 3, pp. 614–621.

Slutskiy N. G., Konnov V. N., Rashkovskiy A. S. *Modulnoe formirovaniye kompozitnykh plavuchikh dokov bolshikh gabaritnykh razmerov* [Modular formation of composite floating docks of large dimensions]. *Perspektywiczne opracowania nauki i techniki: materialy II miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji. T. 10. Techniczne nauki* [Of Projective formation of science and technology. Materials of II International Scientific and Practical Conference. Tome 10. Engineering sciences]. Przemysł, Nauka i studia Publ., 2007, pp. 31–34.

Slutskiy N. G. *Razrabotka tekhnologii stroitelstva kompozitnykh plavuchikh dokov bolshoy podemnoy sily* [Development of Construction Technology of Composite Floating Docks of Large Lift Capacity], *Zbirnyk naukovykh prats NUK* [Collection of Scientific Publications of NUS], Nikolaev, NUS Publ., 2007, no. 3(414), pp. 3–10.

Slutskiy N. G. *Srashchivanie na plavu chastey zhelezobetonnoho pontona kompozitnogo plavuchego doka bolshoy podemnoy sil* [Binding Afloat of Parts of Reinforced-concrete Pontoon of Composite Floating Dock of Large Lift Capacity]. *Sovryemyennyye napravlyeniya teoreticheskikh i prikladnykh issledovaniy: Sbornik naychnykh trudov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. T. 1. Transport* [Modern trends of theoretical and applied studies: collection of scientific papers International Scientific and Practical Conference. Vol. 1. Transport]. Odessa, 2007, pp. 18–22.

Tankhelson G. V. *Zhelezobetonnye plavuchiye doki* [Reinforced-concrete floating docks]. Leningrad, Sudpromgiz Publ., 1960. 316 p.

**Problem statement.** In global shipbuilding there is an accelerating process of the ever-larger cargo ships building, first of all, tankers, container ships, vessels for bulk cargo transportation (including 75...150 thousand deadweight). For the underwater parts and propeller-rudder system maintenance of such vessels, as well

**Постановка проблемы.** В мировом судостроении идет ускоряющийся процесс строительства все более крупных транспортных судов, в первую очередь танкеров, контейнеровозов, судов для перевозки навалочных грузов (в том числе дедвейтом 75...150 тыс. т). Для ремонта подводной части и винторулевого комплекса

as transport facilities, trigger and transfer means for the construction or repair of vessels in horizontal building places, the floating  $\Pi$ -shaped docks are used consisting of one or more pontoons and two towers and having the buoyant power from 300...400 t up to several tens of thousands tons [1–3].

Floating docks can be constructed entirely of steel or steel-concrete, and may also be composite — the steel-concrete pontoon and the steel towers [5, 7, 15].

In the former Soviet Union composite steel-concrete floating docks are built only by two shipyards — Kherson State Plant “Pallada” (Ukraine) and the Gorodets Shipbuilding Yard (the Russian Federation). In the Soviet Union docks were constructed with the buoyant power mainly from 4,000 to 8,500 t for repair and boats and ship launch [8].

**Latest research and publications analysis.** Development of steel-concrete shipbuilding is due to the following advantages of composite floating structures compared to the all-steel ones [6, 9, 10]:

to build a steel-concrete hull 1.5...3 times less metal is required than for the same steel one by means of the use of concrete and more rational distribution of steel in the structures. The steel-concrete hulls require less expensive steel in comparison to the foiled and profile iron for the metal hull;

the expenses for the dock hull maintenance will decrease by 6...10 times. Shipbuilding steel-concrete is not destroyed by corrosion in seawater with time as steel and does not reduce its strength properties;

the service life of steel-concrete floating structures in normal use can be up to 70...80 years which is 1.5...2 times more than steel ones and which significantly reduces the annual depreciation amount;

the construction cost of composite docks is 15...20% less than similar all-steel ones with lower capital investment for manufacturing organization.

Over the last years the special focus on the world market is the composite floating docks with the high buoyant power, and also the new types of the floating steel-concrete structures: accommodation building on the water, hotels, restaurants, casinos, swimming pools, parking lots, berths for ships and work with general cargoes, warehouses and storage, floating power plants, facilities of the continental shelf development, bases of the submersible drilling platforms, bases for the expeditionary workers, flooded pontoons for contouring of artificial soil islands, landing stages, dock-side wave-protective and other facilities.

**The article aim** is to introduce the innovative technologies in construction of composite floating docks which co-developers are the authors of this article.

**Primary material statement.** In foreign shipbuilding calculation of steel-concrete structures is based on the building codes where each element works independently and transfers the load to another one which leads to a significant amount of application of the reinforcing steel for the

таких судов, а также в качестве транспортных сооружений, спускового и передаточного средств при строительстве или ремонте судов на горизонтальных построечных местах используют плавучие  $\Pi$ -образные доки, состоящие из одного или нескольких понтонов и двух башен и имеющие подъемную силу от 300...400 т до нескольких десятков тысяч тонн [1–3].

Плавучие доки могут быть построены полностью из стали или железобетона, а также могут быть композитными — понтон железобетонный, башни стальные [5, 7, 15].

На постсоветском пространстве композитные железобетонные плавучие доки строят только два судостроительных завода — Херсонский государственный завод (ХГЗ) «Паллада» (Украина) и Городецкий судостроительный завод (Российская Федерация). В Советском Союзе строили доки подъемной силой в основном от 4000 до 8500 т, для ремонта и спуска судов и кораблей на воду [8].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Развитие железобетонного судостроения обусловлено следующими преимуществами композитных плавучих сооружений по сравнению с цельнометаллическими [6, 9, 10]:

на постройку железобетонного корпуса дока требуется в 1,5...3,0 раза меньше металла, чем для аналогичного стального, за счет использования бетона и более рационального размещения стали в конструкциях. Для железобетонных корпусов требуется менее дорогая сталь по сравнению с листовым и профильным прокатом для металлического корпуса;

расходы на содержание корпуса дока уменьшаются в 6...10 раз. Судостроительный бетон не разрушается с течением времени под воздействием коррозии в морской воде, как сталь, и не снижает свои прочностные свойства;

железобетонные плавучие сооружения при нормальной эксплуатации могут служить до 70...80 лет, что в 1,5...2,0 раза больше, чем стальные, и существенно уменьшает размеры амортизационных отчислений;

стоимость строительства композитных доков на 15...20% ниже, чем аналогичных цельнометаллических, при меньших капитальных вложениях на организацию производства.

В последние годы особым вниманием на мировом рынке пользуются композитные плавучие доки большой подъемной силы, а также новые виды плавучих железобетонных сооружений: жилые дома на воде, гостиницы, рестораны, казино, плавательные бассейны, автостоянки, причалы для судов и работы с генеральными грузами, склады и хранилища, плавучие электростанции, средства освоения континентального шельфа, основания погружных буровых платформ, базы для экспедиционных рабочих, затопляемые понтоны для оконтуривания искусственных грунтовых островов, дебаркадеры, припортовые волнозащитные сооружения и др.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ** — ознакомление с инновационными технологиями в строительстве композитных плавучих доков, соавторами разработки которых являются авторы данной статьи.

**Изложение основного материала.** В зарубежном судостроении расчет железобетонных конструкций основывается на строительных нормах, где каждый элемент работает самостоятельно и передает нагрузку

reinforcement of thick-walled tiled finless structures with the sparsely established supportive set or without any.

A method for calculating the marine steel-concrete structures has been developed, taking into account the co-operative work of the hull plating with the attached belt which enabled to significantly reduce its thickness and not to reinforce it with additional reinforcing fins of the set. The conducted research in terms of ensuring optimal performance of steel-concrete elements of the pontoon dock hull based on the terms of the bending strength and torsional resistance, water resistance and sealing, allowed getting the necessary combination of thin-walled elements with the minimum use of steel for the first time in the world practice of dock construction which has reduced the amount of reinforcement almost by 3 times. This has ensured the implementation of effective and unique dock design with the minimum hull weight, board draft and height [11].

The new developed materials for the steel-concrete structures on the basis of the modified concrete provide their durability and significantly prolong its service in seawater. The use of such solutions sets the native construction technology of the composite floating docks apart from overseas. Fig. 1 shows the formation of the new steel-concrete pontoon of the new lightweight construction of the floating dock with the buoyant power of 25,000 t in the docking chamber of the Kherson State Plant "Pallada".

Based on the analysis of the possibility of the dock service of the vessels of various types and dimensions the range of composite floating docks of the varying buoyant power from the standardized designs has been developed. To create such a range the dock with minimum length has been defined which can efficiently accommodate all functional premises and mechanisms [12].

When the factory receives an order for the dock of the huge buoyant power the dimensions (length and width) of the main dock can be increased by means of the additional pontoon-attachments that are spliced afloat. The



**Fig. 1.** Formation of the steel-concrete pontoon of the floating dock with the buoyant power of 25,000 t in the docking chamber of the plant

**Рис. 1.** Формирование железобетонного понтона плавучего дока подъемной силой 25000 т в док-камере завода

на другой, что приводит к значительному объему применения арматурной стали на армирование толсто-стенных плиточных безребристых конструкций с редко установленным подкрепляющим набором или вообще без него. Разработанный метод расчета судовых железобетонных конструкций, учитывающий совместную работу набора корпуса с присоединенным пояском обшивки, позволил значительно уменьшить ее толщину и не подкреплять дополнительными армированными ребрами набора. Проведенные исследования в части обеспечения оптимальной работы железобетонных элементов корпуса понтона дока исходя из условий прочности на изгиб и кручение, водонепроницаемости и герметичности дали возможность впервые в мировой практике докостроения получить необходимые комбинации тонкостенных элементов с минимальным использованием стали, что позволило сократить количество арматуры почти в 3 раза. Это обеспечило создание экономичной и уникальной конструкции дока с минимальными весом корпуса, осадкой и высотой борта [11].

Разработанные новые материалы для железобетонных конструкций на основе модифицированного бетона обеспечивают их долговечность и значительно увеличивают продолжительность эксплуатации в морской воде. Применение таких решений выгодно отличает отечественную технологию строительства композитных плавучих доков от зарубежной. На рис. 1 показано формирование железобетонного понтона новой облегченной конструкции плавучего дока подъемной силой 25000 т в док-камере ХГЗ «Паллада».

На основе анализа возможности обслуживания доком судов различных типов и размерений был разработан конструктивный ряд композитных плавучих доков различной подъемной силы из унифицированных конструкций. Для создания такого ряда был определен док с минимальной длиной, на котором можно рационально разместить все функциональные помещения и механизмы [12]. При поступлении на завод заказа на док большей подъемной силы размеры (длина и ширина) основного дока могут быть увеличены с помощью дополнительных понтонов-приставок, которые сращиваются на плаву.

Разработана новая технология строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы (от 13500 до 30000 т) и практически любых размеров (длиной более 200 м, шириной более 50 м, высотой понтона до 7 м) из отдельных крупногабаритных частей с последующим бескессонным сращиванием корпуса по длине и ширине на плаву без применения подводно-технических работ. При этом металлические башни основного понтона и понтонов-приставок соединяются между собой с помощью сварки.

Возможны два варианта сращивания частей железобетонного понтона дока: надводное и на плаву. Надводное сращивание весьма эффективно, поскольку сокращает объем работ по стыковым соединениям дока. При этом спуск частей железобетонного понтона на воду возможен с помощью козловых кранов большой грузоподъемности или гребенчатого

new technology of the construction of the composite float- ing docks with the huge buoyant power (from 13,500 t to 30,000 t), and almost of any size (with the length of more than 200 m, the width of more than 50 m, the pontoon height up to 7 m) from individual large parts followed by the caissonless housing merging on the length and width afloat without underwater engineering work. Thus the steel towers of the main pontoon and the pontoon-attachments are connected to each other by welding.

There are two options of merging of the steel-con- crete pontoon parts of the dock: overwater and afloat. The overwater merging is rather effective, as it reduces the amount of works on the butt joints of the dock. Thus, the launch of the parts of the steel-concrete pontoon is possible by means of the frame cranes with the huge lift capacity or the card-edge slip. To implement this method the powerful expensive equipment is required: the frame crane of  $g/n$  1000 t with a case bay of 63 m or the card- edge slip of  $g/n$  1800 t. The means to purchase them are not available at the plant.

The conducted research resulted in the developed technology of the caissonless merging of the steel-con- crete pontoon parts afloat of virtually unlimited dimen- sions without underwater engineering work [4, 13, 14]. The developed technology of the caissonless merging is as follows. After the outlet from the dock cameras the longitudinal, and if necessary, the cross merging of the steel-concrete pontoon parts of the floating dock is per- formed. Structurally, the node of the merging of the pon- toon parts of the dock afloat consists of the plates of the bottom shell which has bosses in the joint, faced with the deep channels between which there is a flexible profile rubber channeling (Fig. 2).

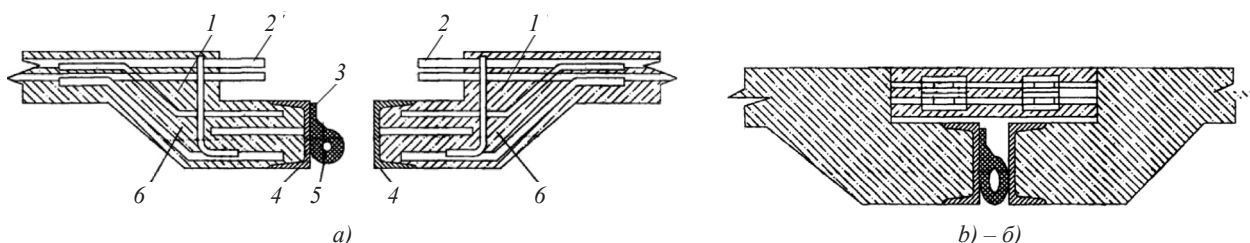
For merging one part of the dock is installed and secured to the outfitting quay, and then the second part is moored to it. In this case, preventive measures are taken to avoid the damage of the beams and the elas- tic water stop in the node of the steel-concrete pontoon pieces merging. The moored part of the pontoon is bal- lasted until a slight tilt is obtained to the side of the dock

слипа. Для реализации этого способа необходимо мощное дорогостоящее оборудование: козловой кран грузоподъемностью 1000 т с пролетом 63 м или гребенчатый слип грузоподъемностью 1800 т. Средства на их приобретение на заводе отсутствуют.

В результате проведенных исследований разрабо- тана технология бескессонного сращивания на плаву частей железобетонного понтона практически неограниченных размеров без проведения подводно- технических работ [4, 13, 14]. Разработанная тех- нология бескессонного сращивания заключается в следующем. После вывода из док-камер производят продольное, а при необходимости и поперечное сращивание частей железобетонного понтона плавучего дока. Конструктивно узел сращивания частей понто- на дока на плаву состоит из плит днищевой обшивки, имеющей в районе стыка приливы, облицованные швеллерами, между которыми расположено эластич- ное уплотнение из профильной резины (рис. 2).

Для сращивания устанавливают и закрепляют к достроечной набережной одну из частей дока, а к ней пришвартовывают вторую часть. При этом принимают предупредительные меры, исключая повреждение балок и эластичного уплотнения в узле сращивания частей железобетонного понтона. Пришвартованную часть понтона балластируют до получения незначительного крена в сторону части дока, закрепленной к набережной (рис. 3, а). Затем балластируют обе части понтона до принятия ими проектного положения с учетом будущих смещений при проведении обжатия эластичного уплотнения. Для этого перед стыковкой частей понтона в замко- вые соединения балок устанавливают специальные мерные прокладки.

Стыковку проводят до упора балок в замковых соединениях. Взаимное положение частей понтона регулируют с помощью поперечных и продольных стяжек. Для выполнения работ по сварке арматурных выпусков и бетонированию стыка в каждой части понтона предусмотрен специальный технологиче- ский отсек, который после стыковки превращается в единый отсек по всей длине [4, 13] (рис. 4).



**Fig. 2.** The joint node of the steel-concrete pontoon for its parts merging:

**Рис. 2.** Узел стыка железобетонного понтона для сращивания его частей:

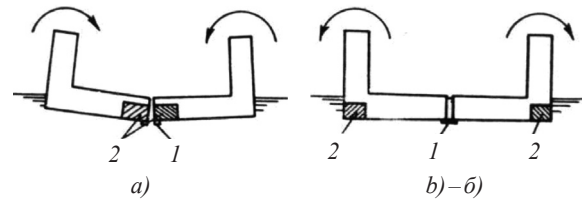
*a)* — the joint with the stopwater for the pontoon merging / стык с уплотнительной прокладкой до сращивания понтона;  
*b)–б)* — the junction after the pontoon merging / стык после сращивания понтона

*1* — the pontoon butt edges / стыкуемые кромки понтона; *2* — the starter bars of the junction / арматурные выпуски стыка;  
*3* — the compression keeper screw / винт крепления прокладки; *4* — the embedded channel iron / закладной швеллер;  
*5* — the rubber stopwater / уплотнительная резиновая прокладка; *6* — the method improvement of the pontoon outer plating / технологическое усиление наружной обшивки понтона

attached to the waterfront (Fig. 3a). Then the two parts of the pontoon are ballasted before they take their design position with a view to the future shifts during the elastic water stop compression. To do this, before joining the pontoon parts into the interlocking joints of the beams the special dimensional compressions are installed.

The jointing is carried out to the beams stop at the interlocking joints. The relative position of the pontoon parts is controlled by the transverse and longitudinal ties. To conduct the work on the starter bars welding and the joint concreting in each of the pontoon parts a special technological compartment is planned which transforms into a single compartment along the entire length after joining [4, 13] (Fig. 4).

The starter casing of the berth-deck has the bars on the lower tier which form an elastic hinge evenly along the jointing when compressing the elastic water stop (Fig. 5). The compression of the elastic water stop of the pontoon parts at the jointing of the bottom is performed by its rotating around the elastic hinge as a result of the water pumping from the pontoon compartments. Subsequent compression of the jointing is performed by means of the adoption of the ballast into the side compartments.



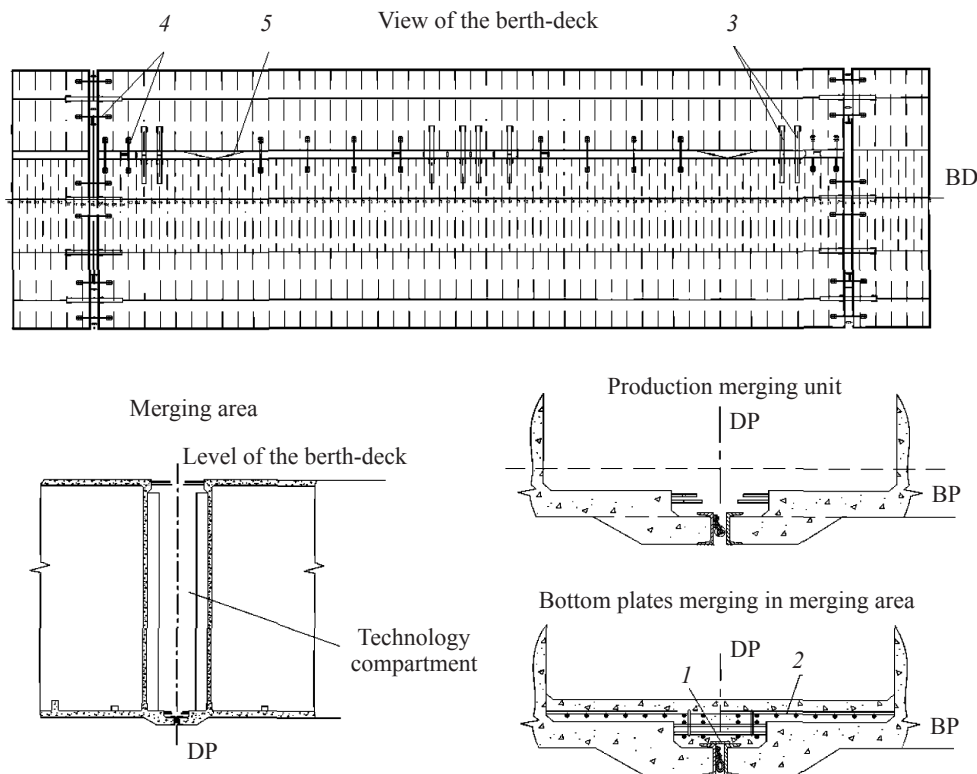
**Fig. 3.** Station keeping of the floating dock parts before the pontoon merging:

**Рис. 3.** Позиционирование частей плавучего дока перед сращиванием понтона:

a) — pre-setting of the dock parts before the pontoon merging / предварительная установка частей дока; б)–б) — position of the pontoon parts when merging / положение частей понтона при сращивании

1 — production unit of the pontoon parts merging / технологический узел сращивания частей понтона; 2 — ballast / балласт

Арматурный каркас стпель-палубы имеет выпуски на нижний ярус, которые при обжатии эластичного уплотнения образуют упругий шарнир равномерно вдоль всего стыка (рис. 5). Обжатие эластичного уплотнения частей понтона по стыку днища осуществляют путем его вращения вокруг упругого шарнира в результате откачки воды из отсеков понтона. Последующее обжатие стыка обеспечивают за счет принятия балласта в бортовые отсеки.



**Fig. 4.** Scheme of longitudinal merging of the semi-housing of the steel-concrete pontoon:

**Рис. 4.** Схема продольного сращивания полукорпусов железобетонного понтона:

1 — the steel strip which seals the merging area / металлическая полоса, герметизирующая район сращивания; 2 — the bar mat on the berth-deck / арматурная сетка на стпель-палубе; 3 — the paired centering beams with interlocking joints / парные центрующие балки с замковым соединением; 4 — the cross ties / поперечные стяжки; 5 — the longitudinal ties / продольные стяжки

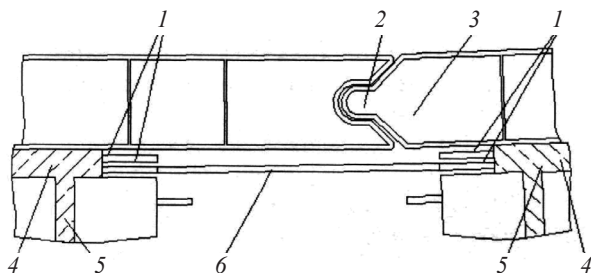


Fig. 5. Construction node of the elastic hinge:

Рис. 5. Конструктивный узел упругого шарнира:

1 — starter bars of the berth-deck / выпуски арматуры сталеель-палубы; 2 — interlocking joint of the paired beams / замковое соединение парной балки; 3 — one of the paired beams / одна из парных балок; 4 — berth-deck / сталеель-палуба; 5 — recess of the technological compartment / выгородка технологического отсека; 6 — strap of the elastic hinge / перемычка упругого шарнира

All the water is pumped from the technological compartment and the places in the jointing area are compressed considering that the drainage system should easily cope with the emerging filtrate. Then the drainage system integration is performed and the filtration water is continuously removed from the jointing area. After drying of the technological compartment the bottom and the heading joints are armored, the starter bars are welded, the formwork is set and the concreting is performed. The bars of the armored elements of the technological acceleration of the formwork are connected with jumpers to perform the embedment of the bottom joint. After the concreting of the bottom and butt joints the works on the embedment of the berth-deck and cross bulk-heads joints are performed.

In parallel with bottom plates concreting the diaphragms in the joint area are armored and concreted, the starter bars in the joint area of the berth-deck are welded. When concrete in diaphragms reaches at least 50% of grade strength the paired beams are dismantled and the berth-deck is concreted. The developed method of merging of the steel-concrete pontoon of the composite floating dock afloat requires minimal expenditures to the sealing and performing a small amount of the inspection diving operations.

The caissonless merging of the steel-concrete pontoons of the composite floating dock afloat may be longitudinal as well as transverse, and it may be performed in the Kherson State Plant aquatorium or on its basing site.

The pontoon merging afloat requires the high manufacturing accuracy and positioning of its parts in the joint area because even their slight bending, especially in the horizontal plane (e.g., from welding or thermal stress), can make it impossible to close the joint tightly. The special accuracy and the presetting of the dock parts inclined to the center plane is required (Fig. 3a) to provide the necessary compression of the joint after their return to the design position (Fig. 3b), but not earlier or later. The absence of rigid attachments during this operation which fix the relative position of the dock parts respectively

Из технологического отсека полностью откачивают воду и уплотняют места в районе стыка с таким расчетом, чтобы осушительная система легко справлялась с появившимся фильтратом. Затем производят монтаж системы осушения и непрерывно удаляют фильтрационную воду из района стыка. После осушения технологического отсека армируют днищевые и торцевые стыки, сваривают арматурные выпуски, устанавливают опалубку и производят бетонирование. Выпуски армирующих элементов технологического усиления обшивки соединяют перемычками до омоноличивания днищевого стыка. После бетонирования днищевого и торцевого стыков выполняют работы по омоноличиванию стыков сталеель-палубы и поперечных переборок.

Параллельно с бетонированием днищевых плит армируют и бетонуют диафрагмы в районе стыка, сваривают арматурные выпуски в районе стыка на сталеель-палубе. После достижения бетоном в диафрагмах не менее 50% марочной прочности демонтируют парные балки и бетонуют сталеель-палубу. Разработанный способ сращивания железобетонного понтона композитного плавучего дока на плаву требует минимальных затрат на герметизацию и выполнения небольшого объема осмотровых водолазных работ.

Бескессонное сращивание на плаву железобетонных понтонов композитного плавучего дока может быть как продольным, так и поперечным и выполняться на акватории ХГЗ или на месте его базирования.

Сращивание на плаву понтона требует высокой точности изготовления и позиционирования его частей в районе стыка, потому что даже незначительное их искривление, особенно в горизонтальной плоскости (например, от сварочных или температурных напряжений), может сделать невозможным плотное закрытие стыка. Необходимы особая точность и предварительная установка наклоненных к диаметральной плоскости частей дока (см. рис. 3,а), чтобы после их возвращения в проектное положение (см. рис. 3,б), а не раньше или позже, обеспечить предусмотренное обжатие стыка. Отсутствие при этой операции жестких креплений, фиксирующих взаимное положение частей дока относительно друг друга, требует особенно благоприятных ветроволновых условий на акватории завода на протяжении всего достаточно длительного периода сращивания понтона.

При проведении сращивания на плаву частей понтона на них устанавливают по разметке и закрепляют парные балки с разъемными замковыми соединениями, которые фиксируют положение частей понтона дока как в вертикальной, так и горизонтальной плоскостях. Части железобетонного понтона балластируют до занятия ими положения на ровный киль при одинаковой осадке.

Несмотря на экономическую целесообразность применения композитной конструкции плавучего дока, разработка и создание качественного конструктивного узла соединения металлической башни с железобетонным понтоном и эффективной технологии его изготовления — очень сложная задача. Поскольку в композитном доке появились закладные детали для приварки башен длиной, равной длине

to each other requires particularly favorable wind and wave conditions in the plant aquatorium over the long period of pontoon merging. During the joining of the pontoon parts afloat the paired beams with the split interlocking joints are mounted on them, marked and installed which fix the position of the dock pontoon parts in both vertical and horizontal planes. The parts of the steel-concrete pontoon are ballasted until they occupy the position on an even keel with the same sediment.

Despite the economic feasibility of composite floating dock structure application, development and construction of the high-quality structural connection of the metal tower with the steel-concrete pontoon and the effective technology of its manufacture was a very difficult task. As the fixings for towers welding with the length equal to the length of the dock appeared in the composite dock, the result of longitudinal bending during the ships uplift and the sea track sides along these details was the cracks from the body bending in waves. Thus, water resistance of the dock body was significantly disrupted. To finalize the long-haul metal tower connection construction with the steel-concrete pontoon except the alternative calculations the half-sized modeling was applied which resulted in the addition of the metal beams with the corresponding increase in construction by the mortgage details for their attachment into the connection construction, the anchoring system of the mortgage details was improved and the details were added to improve the concrete merging of the pontoon body with the mortgage details. Connection of the tower with the pontoon is performed by means of the cruciate mortgage details. The solid vertical lines of the cruciate mortgage details are connected by the welding joint with the towers formwork, broadside reinforcement and the longitudinal pontoon bulkhead.

Before installing the section blocks on the pontoon the main body saturation is mounted in them and the intersection connections are tested for proofness. The dock towers are formed of the section blocks from the mid-section to the bow and the stern. After testing mechanisms, piping and equipment are installed in them. The basic principle in the technology of the mechanical installation and tubes installation works is the maximum transfer of the preparatory work amount from the dock into the production units and on the outfitting quay. The great amount of work in the dock towers is performed by the large-block method based on the layout of the most saturated areas. It is accomplished by means of the module-aggregation method of design and the assembly of the dock power complexes. When making the assembly blocks (units) the functional grouping of mechanisms, armoring, piping and instrumentation is adopted. The number of the assembly blocks, their relative positions in the premises of the dock power complex, the rational layout of communications between the blocks and units are determined by means of the design and manufacture of the layout. In the areas of the engine and compressor units, the premises of the converters provide the unitized blocks weighing up to 50 tones in special

дока, то в результате продольного изгиба при поднятии судов или при морских перегонах вдоль этих деталей появлялись трещины от изгиба корпуса на волнении. При этом существенно нарушалась водонепроницаемость корпуса дока.

Для отработки конструкции узла соединения металлической башни большой протяженности с железобетонным понтоном кроме вариантных расчетов было применено полунатурное моделирование, в результате которого в конструкцию узла были введены металлические бимсы с соответствующим усилением конструкции закладными деталями для их крепления, усовершенствована система анкерования закладных деталей и добавлены детали для повышения сцепления бетона корпуса понтона с закладными деталями. Соединение башни с понтоном осуществляется с помощью крестовидных закладных деталей. Сплошные вертикальные полосы крестовидных закладных деталей соединены сварным швом с обшивкой башен, арматурой борта и продольной переборкой понтона.

До установки на понтон блоков секций в них устанавливают основное корпусное насыщение и производят испытание внутрисекционных соединений на непроницаемость. Башни дока формируют из блоков секций от миделя в нос и корму. После проведения испытаний в них устанавливают механизмы, трубопроводы и оборудование. Основной принцип, заложенный в технологию механомонтажных и трубопроводных работ, — максимальный перенос подготовительных объемов этих работ с дока в цехи и на достроечную набережную.

Большой объем работ в башнях дока выполняют крупноблочным методом на базе макетирования наиболее насыщенных помещений. Это осуществляют путем модульно-агрегатного метода проектирования и монтажа энергетических комплексов дока. При создании монтажных блоков (агрегатов) принята функциональная группировка механизмов, арматуры, трубопроводов и приборов. Число монтажных блоков, их взаимное расположение в помещениях энергетического комплекса дока, рациональное расположение коммуникаций между блоками и агрегатами определяют путем разработки и изготовления макета. В районах машинного и компрессорного отделений, помещения преобразователей предусматривают укрупненные блоки массой до 50 т в специальных каркасах. Формирование больших блоков и агрегатов осуществляют на участке агрегатирования. Блоки и агрегаты загружают в блоки секций башни до их накрытия объемными секциями, расположенными выше палуб или платформ. После завершения строительства частей дока их выводят из док-камер на акваторию завода для сращивания понтона и завершения достроечных работ.

Доки имеют автоматизированную систему управления механизмами, электронные системы определения уровня воды в балластных цистернах, крена и дифферента, прогиба дока при перегоне и эксплуатации и являются экологически безопасными.

В результате проведенных научных исследований и опытно-конструкторских разработок созданы конкурентоспособные на мировом судостроительном рынке

frames. The formation of the large blocks and units is performed at the aggregation sites. The blocks and the aggregates are loaded into the tower section blocks until they are covered with the massive sections located above the deck or the platform. After the completion of dock parts construction they are taken out from the dock cameras to the plant aquatorium for the pontoon merging and the outfitting works completion.

The docks have automated machinery control systems, electronic systems for water level indication in the ballast tanks of the pitch and the roll, the dock bending at the stretch and operation. The docks are environmentally safe.

As a result of the conducted research and design and experimental activities the composite floating docks of domestic construction are made with the buoyant power from 8,500 tones to 30,000 tones which are competitive on the global shipbuilding market. Their manufacturing is mastered and their widespread adoption is achieved [11].

The designed and built composite floating docks are the unique structures. They correspond to the Classification Rules of the Russian Maritime Register of Shipping, and their characteristics provide the towing capability from the port of Kherson to the Far East, Kamchatka, the Kola peninsula and to other regions of the globe (Fig. 6).

The composite floating docks with the big buoyant power for different purposes are in great demand in many countries around the world. In accordance with the new technology over 30 composite floating docks with the buoyant power from 8,500 tones to 28,000 tones are built and delivered to the Customers: to the Russian Federation, Japan, South Korea, Finland, Turkey, Bulgaria, Vietnam, Algeria, the United Arab Emirates, Qatar. The unique docks for the nuclear submarines dismantling are delivered also for the Navy of the Russian Federation.

The new developed technologies and the docks constructed according to them are unique in the world practice of dock construction. For construction, development and widespread adoption of new competitive composite structures of domestic construction the specialists and scientists among whom there were the authors of this article were awarded with the State Prize of Ukraine in Science and Technology.

**CONCLUSION.** 1. The unique technology of composite floating docks construction was developed for the first time which has no analogues in the world practice. They have almost unlimited buoyant power and dimensions and are made of separate large parts with further caissonless merging of the steel-concrete pontoon afloat lengthwise and edgewise without underwater engineering work which can be used as at the plant-builder of the dock, and the location of its operation.

2. The developed design of the pontoon nodes jointing with the metal towers has no analogues in the world practice of floating steel-concrete structures construction.

3. According to the new technology more than 30 composite floating docks with the significant buoyant power which are competitive on the global shipbuilding market are constructed and delivered to the various countries of the world.



**Fig. 6.** Repair composite floating dock with the buoyant power of 13,500 tones before delivery to the Russian Federation

**Рис. 6.** Ремонтный композитный плавучий док подъемной силой 13500 т перед поставкой в Российскую Федерацию

композитные плавучие доки отечественной конструкции подъемной силой от 8500 до 30000 т, освоено их производство и осуществлено широкое внедрение [11].

Спроектированные и построенные композитные плавучие доки являются уникальными сооружениями. Они соответствуют классификационным Правилам Российского Морского Регистра судоходства, а их характеристики обеспечивают возможность буксировки из порта г. Херсона на Дальний Восток, Камчатку, Кольский полуостров и в другие регионы земного шара (рис. 6).

Композитные плавучие доки большой подъемной силы различного назначения пользуются большим спросом во многих странах мира. По новой технологии построено и поставлено заказчикам более 30 композитных плавучих доков подъемной силой от 8500 т до 28000 т: в Российскую Федерацию, Японию, Южную Корею, Финляндию, Турцию, Болгарию, Вьетнам, Алжир, ОАЭ, Катар. В том числе для ВМФ Российской Федерации поставлены уникальные доки для утилизации атомных подводных лодок.

Разработанные новые технологии и построенные по ним доки не имеют аналогов в мировой практике докостроения. За создание, освоение и широкое внедрение новых конкурентоспособных на мировом рынке плавучих композитных сооружений отечественной конструкции специалистам и ученым, в числе которых были авторы данной статьи, присуждена Государственная премия Украины в области науки и техники.

**ВЫВОДЫ.** 1. Впервые разработана не имеющая аналогов в мировой практике докостроения уникальная технология строительства композитных плавучих доков практически неограниченной подъемной силы и размеров из отдельных крупногабаритных частей с последующим бескессонным сращиванием железобетонного понтона по длине и ширине на плаву без подводно-технических работ, которая может быть применена как на заводе-строителе дока, так и на месте его эксплуатации.

2. Разработанная конструкция узлов сращивания понтона с металлическими башнями не имеет аналогов в мировой практике строительства плавучих железобетонных сооружений.

3. По новой технологии построено и поставлено в различные страны мира более 30 композитных плавучих доков большой подъемной силы, являющихся конкурентоспособными на мировом судостроительном рынке.

## Список литературы

- [1] **Борчевский, О.А.** Тенденции развития судоподъемных сооружений [Текст] / О.А. Борчевский, Г.Н. Финкель // Проектирование и эксплуатация судоподъемных сооружений. — Л. : Судостроение, 1977. — Вып. 87. — С. 8–13.
- [2] **Гофтарш, П. С.** Технологические требования к плавучим докам [Текст] / П. С. Гофтарш. — Л. : Судостроение, 1979. — 126 с.
- [3] **Николаев, Б. В.** Состояние и перспективы развития некоторых типов судоподъемных сооружений [Текст] / Б.В. Николаев // Проектирование и эксплуатация судоподъемных сооружений. — Л. : Судостроение, 1987. — Вып. 87. — С. 14–16.
- [4] **Пат. 7809 Україна, МПК7В63В9/00.** Спосіб стикування підводних частин залізобетонної плавучої споруди [Текст] / М.Г. Слуцкий, В.Ф. Маломан. — № 7809 ; заявл. 17.11.04 ; опубл. 15.07.05, Бюл. № 7.
- [5] Плавучие металлические доки [Текст] / М.А. Ловягин, В.М. Корсаков, Я.Б. Каганер [и др.]. — Л. : Судостроение, 1964. — 336 с.
- [6] Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков [Текст] : монография / А.С. Рашковский, Н.Г. Слуцкий, В.Н. Коннов [и др.] ; под науч. ред. А.С. Рашковского. — Николаев : РАЛ-полиграфия, 2008 — 614 с.
- [7] **Слуцкий, Н.Г.** Состояние и перспективы строительства композитных плавучих сооружений [Текст] / Н.Г. Слуцкий // Безопасность мореплавания и ее обеспечение при проектировании и постройке судов : материалы междунар. науч.-техн. конф. — Николаев : НУК, 2004. — С. 85–87.
- [8] **Слуцкий, Н.Г.** Строительство железобетонных плавучих сооружений в Украине [Текст] / Н.Г. Слуцкий, В.Ф. Маломан, А.С. Рашковский // Рыбное хозяйство Украины. Спец. вып. «Морские технологии: проблемы и решения — 2004». — Керчь : КГМТИ, 2004. — № 7. — С. 11–14.
- [9] **Слуцкий, Н.Г.** Новые направления в проектировании и технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы [Текст] / Н.Г. Слуцкий // Актуальные проблемы проектирования и эксплуатации судов : матер. науч. симпозиума. Т. 1. Транспорт. — О. : Черноморье, 2008. — С. 18–23.
- [10] **Слуцкий, Н.Г.** Опыт строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы на ХГЗ «Паллада» [Текст] / Н.Г. Слуцкий, А.С. Рашковский // Рибне господарство України. — Керчь : КГМТИ, 2007. — № 3–4. — С. 44–46.
- [11] **Слуцкий, Н.Г.** Экономическая эффективность строительства и эксплуатации композитных плавучих доков большой подъемной силы [Текст] / Н.Г. Слуцкий, А.С. Рашковский, Д.В. Ермаков // Економіка: проблеми теорії та практики : зб. наук. праць. — Дніпропетровськ : ДНУ, 2007. — Вип. 232, т. III. — С. 614–621.
- [12] **Слуцкий, Н.Г.** Модульное формирование композитных плавучих доков больших габаритных размеров [Текст] / Н.Г. Слуцкий, В.Н. Коннов, А.С. Рашковский // Perspektywiczne opracowania nauki i techniki : materiały II międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji – 2007. Т. 10. Techniczne nauki. — Przemysł : Nauka i studia, 2007. — S. 31–34.
- [13] **Слуцкий, Н.Г.** Разработка технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы [Текст] / Н.Г. Слуцкий // Зб. наук. праць НУК. — Миколаїв : НУК, 2007. — № 3 (414). — С. 3–10.
- [14] **Слуцкий, Н.Г.** Сращивание на плаву частей железобетонного понтона композитного плавучего дока большой подъемной силы [Текст] / Н.Г. Слуцкий // Современные направления теоретических и прикладных исследований : сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. конф. — О., 2007. — Т. 1. Транспорт. — С. 18–22.
- [15] **Танхельсон, Г.В.** Железобетонные плавучие доки [Текст] / Г.В. Танхельсон. — Л. : Судпромгиз, 1960. — 316 с.

© А.С. Рашковский, Д.В. Ермаков, Чжао Дун

Статью рекомендует в печать  
д-р техн. наук, проф. Ю.Н. Коробанов

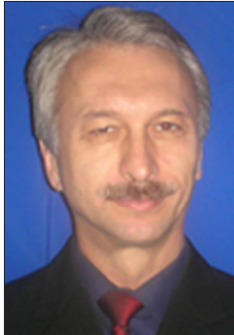
## КНИЖНАЯ ПОЛКА



В монографии приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, практического внедрения, направленных на проектирование, технологию и организацию строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы. До настоящей монографии научная и техническая литература по описанным выше проблемам отсутствовала.

На основе проведенных исследований и конструкторских разработок создано новое поколение современных композитных плавучих доков большой подъемной силы отечественной конструкции, конкурентоспособных на мировом судостроительном рынке. За создание, освоение производства и широкое внедрение этих доков группе ученых, конструкторов и специалистов присуждена Государственная премия Украины в области науки и техники 2007 года.





**Sergey B. Prykhodko**  
Приходько  
Сергей  
Борисович



**Oleg A. Kudin**  
Кудин  
Олег  
Алексеевич

УДК 005.8:519.22

П 77

## **INTERVAL ESTIMATION OF THE WORK DURATION DEVIATIONS WHILE TIME MANAGEMENT IN THE PROJECTS DESIGN ENGINEERING OF VESSELS**

**ИНТЕРВАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВРЕМЕНЕМ В ПРОЕКТАХ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ СУДОВ**

DOI 10.15589/SMI20140210

**Sergey B. Prykhodko** С. Б. Приходько, д-р техн. наук, доц.;  
sergiy.prykhodko@nuos.edu.ua  
ORC ID: 0000-0002-2325-018X

**Oleg A. Kudin** О. А. Кудин, инж.  
oleg.kudin@nuos.edu.ua  
ORC ID: 0000-0003-3334-0012

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Nikolaev*

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

**Abstract.** The application of interval estimation of deviation of work duration under the time management of projects of design vessels documentation development has been studied. The aim of the study is to determine the possibilities to apply the interval estimation of deviation of work duration on the basis of normalizing transformations. This will reduce the probability of exceeding the time and budget of projects of design vessels documentation development. The Johnson's normalizing transformations and rules of interval arithmetic are applied to determine the deviation of work duration in projects of design vessels documentation development. Three types of interval deviation of work duration in projects of design vessels documentation development are determined.

The example of usage of interval estimates of deviation of work duration is given on the basis of Johnson's normalizing transformations in projects of design vessels documentation development. The research results can be used under the time management of projects of design vessels documentation development. This improves the reliability of estimation of work duration deviation and helps to make the informed decisions to change the schedule of projects of design vessels documentation development.

**Keywords:** project time management, project of design vessel documentation development, Johnson's normalizing transformation, interval arithmetic.

**Аннотация.** Показана возможность применения интервального оценивания отклонений продолжительности работ на основе нормализующего преобразования Джонсона и интервальной арифметики для управления временем в проектах разработки конструкторской документации судов, что позволит повысить достоверность оценивания отклонений продолжительности работ и уменьшить риски превышения сроков проектов.

**Ключевые слова:** управление временем проекта, проект разработки конструкторской документации судна, нормализующее преобразование Джонсона, интервальная арифметика.

**Анотація.** Показано можливість застосування інтервального оцінювання відхилень тривалості робіт на основі нормалізуючого перетворення Джонсона та інтервальної арифметики для управління часом у проектах розробки конструкторської документації суден, що дозволяє підвищити достовірність оцінювання відхилень тривалості робіт та зменшити ризики щодо перевищення строків проектів.

**Ключові слова:** управління часом проекту, проект розробки конструкторської документації судна, нормалізуюче перетворення Джонсона, інтервальна арифметика.

### References

Archibald R. *Upravlenie vysokotekhnologichnymi programmami i proektami* [Management of high-tech programs and projects]. Moscow, Kompaniya AyTi; DMK Press, 2004. 472 p.

Bakharev B. V., Kovalev A. E. Optimizatsiya normalizuyushchego preobrazovaniya puassonovskogo protsessu dlya otsenki doveritelnogo intervala nesluchaynogo otkloneniya [Optimization of normalizing transformation of poisson process for estimation of