



Yuriy N. Korobanov
Коробанов
Юрий
Николаевич



Anatoliy I. Kuznetsov
Кузнецов
Анатолий
Иванович



Alla A. Korobanova
Коробанова
Алла
Андреевна

УДК 629.5.001
К 68

CONSTRUCTIVE TENDENCIES OF SPEED INCREASE OF SMALL AND HIGH-SPEED VESSELS

КОНСТРУКТИВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ МАЛЫХ И СКОРОСТНЫХ СУДОВ

DOI 10.15589/SMI20140211

Yuriy N. Korobanov

Ю. Н. Коробанов, д-р техн. наук
yuriy.korobanov@nuos.edu.ua
ORC ID: 0000-0002-1017-3939

Anatoliy I. Kuznetsov

А. И. Кузнецов, к-т техн. наук
anatoliy.kuznetsov@nuos.edu.ua
ORC ID: 0000-0001-5149-3181

Alla A. Korobanova

А. А. Коробанова, студ.
111016@nuos.edu.ua
ORC ID: 0000-0002-2841-1659

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Nikolaev

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Abstract. The new laws of formation of the hull structures which can lead to the movement speed increase of small and high-speed vessels are discussed. The constructive decisions of such vessels are analyzed: planning boats, hydrofoils, catamarans, relief vessels, surface-piercing vessels, kinematically hull hinge vessels, with outriggers, swath vessels, hovercrafts, sailing vessels with wing propeller. The effect of speed increase is determined by means of the formation of transverse and longitudinal planning steps, hydrofoils including the wings of relief vessels, and also by means of the air cushion. The hydrodynamic schemes which provide the hull lifting above the water surface are much more common and this operation is carried out by planning, wing-systems, creating the air cushion, as well as by the combination of these constructive methods. The constructive decisions and methods related to the reduction of the wave component of water resistance are determined and systemized. This is achieved in two ways, either by the hull lifting above the water surface or hull submerging under the water, either by the decrease of the waterline area or increase of the ratio of the vessel in its width. The research results can be used in the design of new types of speed and small vessels with the possible compilation of several constructive ways in order to improve the speed of sailing. The set laws allow controlling the design processes, making a variety of design decisions in the formation of hull structures of small and high-speed vessels.

Keywords: small and high-speed vessels, constructive decisions, speed rate.

Аннотация. Проанализированы конструктивные решения, используемые в судостроении малых и скоростных судов, способствующие повышению их скоростных режимов эксплуатации.

Ключевые слова: малые и скоростные суда, конструктивные решения, скоростной режим.

Анотація. Проаналізовано конструктивні рішення, які використовуються в суднобудуванні малих та швидкісних суден і здатні підвищити швидкісні режими їх експлуатації.

Ключові слова: малі та швидкісні судна, конструктивні рішення, швидкісний режим.

References

Dubrovskiy V.A. Sravnenie sudov s autriggerami s drugimi mnogokorpusnymi sudami [Comparison of vessels with outriggers and other multihull vessels]. *Sudostroenie — Shipbuilding*, 2001, no 1, pp. 9–14.

Babenko V.V., Kuznetsov A.I., Kuznetsov An.I., Moroz V.V. Metodika provedeniya buksirovochnykh ispytaniy v opytovom bassejne s pomoshchyu dvukh modeley glissiruyushchego sudna [Technique of towing-tank tests using two models of planning boats]. *Prikladnaya gidromekhanika — Applied hydromechanics*, vol. 5 (77), no 4, pp.5–11.

Plenkin Yu. A. Sudno s kombinirovannym korpusom [Vessel with combined hull]. *Morskoy flot — Sea fleet*, 1981, no 1, pp. 48–49.

Aluminum Boats Safra. *Kaiser aluminum & chemical sales*. INC, Oakland, California, 1978. 111 p.

Boytsov G. V., Nebylov V. M., Taubin G. O. *Prochnost sudovykh konstruktsiy iz alyuminiyevykh splavov* [Ship structure strength from aluminum alloys]. Leningrad, Gosudarstvennoe soyuznoe izdatelstvo sudostroitelnoy promyshlennosti, 1962. 212 p.

Kuznetsov A. I. *Opreделение vesovykh pokazateley korpusnykh konstruktsiy parusno-motornykh, motornykh yakht i malotonnazhnykh sluzhebnykh sudov na rannikh stadiyakh proektirovaniya* [Weight indices measurement of hull structures of motor sailing, motor yachts and light service vessels in the early design stages]. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya v chest 80-letnego yubileya professora V.V. Kozlyakova* [International Scientific and Practical Conference in Honor of Professor V.V. Kozlyakov 80th Anniversary]. Odessa, 2010, pp. 300–311.

Ernest H. Sims *Aluminium Boatbuilding*. Adlard Coles Nautical. London, 118 p.

Kirilenko A. N. *Sudostroitelnye splavy na osnove alyuminiya* [Shipbuilding aluminum alloys]. *Natsionalnyy tekhnicheskyy universitet Ukrainy „Kievskiy politekhnicheskyy institut“; Spetsialna metalurhiia: vchera, sohodni, zavtra* [National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”; Special Electric Metallurgy: yesterday, today and tomorrow]. 2010, pp. 197–203.

Problem Statement. The aspiration of people to increase their speed of movement by sea is proceeded for centuries and it occurs now. The modern technical system has a lot of new constructive decisions which are used in order to increase the speed [1, 2, 5–7]. The popular constructive decisions can be divided into three groups and one of each provides special hydrodynamic schemes which are perspective for high-speed vessels; application of various materials which allow reducing the relative mass of vessel hulls; application of non-standard nodal hull structures.

Latest research and publications analysis showed that among main trends which are capable to increase the speed it is possible to highlight the increase of relation of ship length to the width of its waterline, the lifting of the vessel hull above water surface, the submerging of the main hull structures as low as possible from the surface, the width minimization of the operating waterline, the possibility of air indraft and blast under the bottom during its movement [5]. The application of relatively easy constructional materials for small high-speed vessels also makes the essential impact on their operational characteristics [1, 3, 4, 7, 8].

The article aim is to analyze the usage of constructive decisions which are carried out in order to increase the high-speed indicators, to compare their advantages and disadvantages depending on the transported cargoes, the freight traffics and water areas, to estimate the expediency of application of various constructional materials for small high-speed vessels. The compilation of several constructive methods which is capable to increase the speed of small and high-speed vessels can become the result of the analysis.

Basic material. The hydrodynamic schemes which provide the lifting of vessel hull above water surface occur much more often and are carried out by the planning, wing-systems, creation of the air cushion and the combination of these constructive methods.

The constructive decisions which are used in shipbuilding of small and high-speed vessels and are capable to increase of their high-speed rates of operation are analyzed, and the assessment of their compliance to the most often applied hydrodynamic schemes is also analyzed.

Постановка проблемы. Стремление людей повысить скорость своего передвижения по морю продолжалось веками и реализуется в настоящее время. Современная техническая система пестрит сообщениями о новых конструктивных решениях, используемых в целях повышения скорости, [1, 2, 5–7]. Популярные конструктивные решения можно разделить на три группы, каждая из которых обеспечивает специальные гидродинамические схемы, перспективные для скоростных судов; применение разнообразных материалов, позволяющих снизить относительную массу корпусов судов; применение нестандартных узловых корпусных конструкций.

Анализ последних исследований и публикаций. Проведенный анализ показал, что из основных направлений, способных привести к повышению скорости, можно выделить: увеличение отношения длины судна к ширине его ватерлинии, подъем корпуса судна над свободной поверхностью воды, заглубление основных корпусных конструкции как можно ниже от свободной поверхности, сведение до минимума ширины действующей ватерлинии, возможность подсасывания и нагнетания воздуха под днище при его движении [5]. Применение относительно легких конструкционных материалов для малых скоростных судов также оказывает существенное влияние на их эксплуатационные характеристики [1, 3, 4, 7, 8].

ЦЕЛЬ СТАТЬИ – выполнить анализ используемых конструктивных решений, реализуемых для повышения скоростных показателей, сравнить их преимущества и недостатки в зависимости от транспортируемых грузов, грузопотоков и акваторий, оценить целесообразность применения различных конструкционных материалов для малых скоростных судов. Результатом анализа может стать компиляция нескольких конструктивных приемов, способных привести к повышению скорости малых и скоростных судов.

Изложение основного материала. Гидродинамические схемы, обеспечивающие подъем корпуса судна над свободной поверхностью воды, встречаются гораздо чаще и осуществляются глиссированием, крыльевыми системами, созданием воздушной подушки и комбинацией этих конструктивных приемов.

In Fig. 1, *a* the project of the transatlantic liner with deep V-figurative lines is shown.

The constructive formation of vessel lines is carried out in such a way that they could set a vessel in a planning mode. It is one the first attempts to increase the speed of a moving vessel. Thus, there is a redistribution of forces of water resistance to the vessel movement which partially push out the vessel hull above water surface. The usage of the cross-section redans which reduce slightly the bottom moistened surface and provide the air indraft under the bottom is the improvement of the planning vessels hulls.

The transition to the multi-hull structures of planning vessels was one of the constructive decisions. The multi-hull structures allow using hulls of such vessels with the raised relation of hull length to its width. In Fig. 1, *b* the form of bottom of the planning triple-hulled vessel is presented. There are channels on this vessel which are necessary for the air indraft and cavern storage under the bottom and it leads to the reduction of the friction layer viscosity under the bottom. There are the splash boat ledges which are intended to reduce the vessel spray resistance in the after part of the side hulls. In Fig. 1, *c* the lines form of the planning vessel with a big flare and

Анализу подвергнуты конструктивные решения, используемые в судостроении малых и скоростных судов, способные привести к повышению их скоростных режимов эксплуатации, а также оценке их соответствия наиболее часто применяемым гидродинамическим схемам. На рис. 1, *a* показан проект трансатлантического лайнера с глубокими V-образными обводами.

Конструктивное формирование обводов судна осуществляется таким образом, чтобы они могли выводить судно на режим глиссирования. Это одна из первых попыток повышения скорости движущегося судна. При этом происходит перераспределение сил сопротивления воды движению судна, которые частично выталкивают корпус судна над поверхностью воды. Совершенствованием корпусов глиссирующих судов является использование поперечных реданов, которые несколько снижают смоченную поверхность днища и обеспечивают подсос воздуха под днище.

Переход к многокорпусным конструкциям глиссирующих судов было еще одним конструктивным решением. Многокорпусные конструкции позволяют использовать корпуса таких судов с повышенным

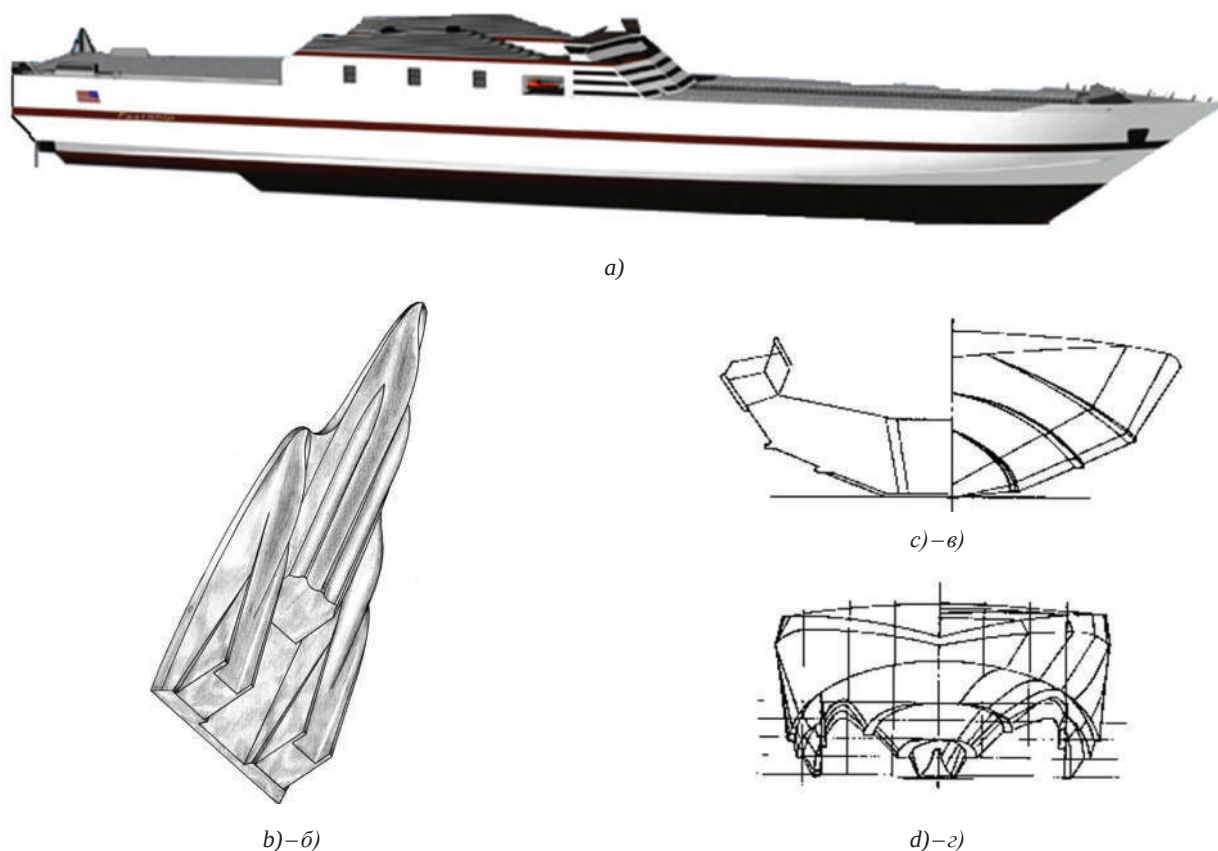


Fig. 1. General View of Bottom Structures:

Рис. 1. Общий вид днищевых конструкций:

a) — project of the transatlantic liner with deep V-figurative lines / проект трансатлантического лайнера с глубокими V-образными обводами; *b)–б)* — planning triple-hulled vessel / глиссирующего тримарана; *c)–в)* — one-hull planning vessel with splash-boats / однокорпусного глиссера с брызгоотбойниками; *d)–г)* — planning vessel with longitudinal redans / глиссирующего судна с продольными реданами

multilayer splash boats is represented. In Fig. 1, *d* the Hull of the planning vessel with longitudinal redans projection is represented.

These hydrodynamic schemes demand a special constructive supply which differs essentially from the standard one which is applied in shipbuilding. There is a significant amount of raised structures with considerable gradients of rigidity change, and also laid on structures in relation to the hull plate of structures.

It is known that the reduction of waterline width leads to the decrease of the initial vessel stability. The usage of the multihull vessels gives a chance to use hulls with bigger relation of length of each vessel hull to its width, thus, keeping the stability and the biggest area of the deck. The vessels hulls of the extended form (at relation of $L/B \geq 10-12$) have smaller water resistance.

The formation of longitudinal redans has quite a various character as their settled forms have not been developed yet. In Fig. 2, *a* a reduced form of the aluminum hull lines of planning vessel with multilayer splash boats and longitudinal redans is represented. In Fig. 2, *b* the front view on the planning vessel hull with longitudinal redans is represented. In Fig. 2, *c* the longitudinal redans are used in the planning catamaran hull.

The usage (in one vessel structure) of several hulls with increased relation of L/B led to the development of such vessels as catamarans, triple-hulled vessels, vessels with outriggers and so on. The catamarans of displacement type have big area of the deck which is used

отношением длины корпуса к его ширине. На рис. 1, *б* показана форма днища глиссирующего тримарана, на которой просматриваются каналы, необходимые для подсасывания и удержания каверн воздуха под днищем, что приводит к уменьшению вязкости пограничного слоя под днищем. В кормовой части боковых корпусов просматриваются брызгоотбойные выступы, предназначенные для уменьшения брызгового сопротивления судна. На рис. 1, *в* приведена форма обводов глиссирующего судна с большим развалом борта и многоярусными брызгоотбойниками. На рис. 1, *г* изображена проекция «Корпус глиссирующего судна с продольными реданами».

Данные гидродинамические схемы требуют специального конструктивного обеспечения, существенно отличающегося от типового, применяемого в судостроении. Появляется значительное количество выступающих конструкций, конструкций со значительными градиентами изменения жесткости, а также накладных конструкций по отношению к обшивке корпуса конструкций. Как известно, уменьшение ширины ватерлинии приводит к понижению начальной остойчивости судна. Использование многокорпусных судов дает возможность использовать корпуса с большим отношением длины каждого корпуса судна к его ширине, сохраняя при этом остойчивость и большую площадь палубы. Корпуса судов удлиненной формы (при отношении $L/B \geq 10...12$) испытывают меньшее сопротивление воды.

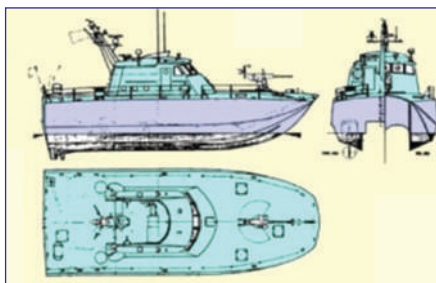
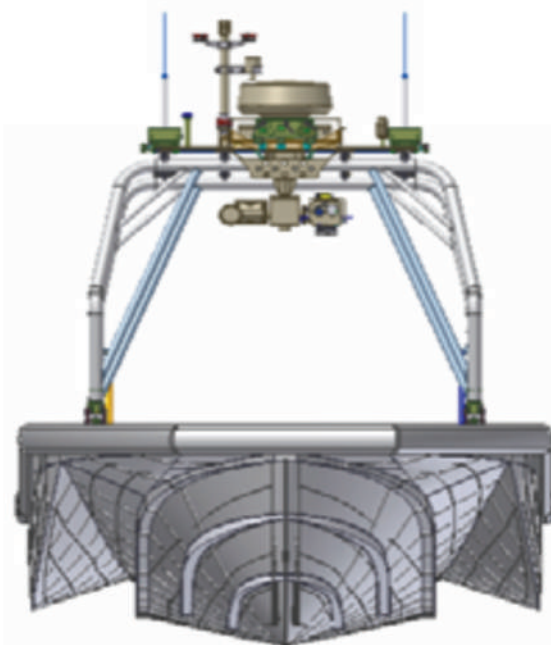
*a)**b)–б)**с)–в)*

Fig. 1. Hull Structures of High-speed Vessels which Contain Longitudinal Redans:

Рис. 1. Конструкции корпусов скоростных судов:

a) — front view on the planning vessel hull with longitudinal redans / содержащих продольные реданы; *b)–б)* — planning catamaran hull / вид спереди на корпус глиссирующего судна с продольными реданами; *с)–в)* — longitudinal redans in the planning catamaran hull / корпус глиссирующего катамарана

for transportation of passengers, containers and wheel equipment. The fishery vessels also need the big area of the deck. In Fig. 3, *a* the general view of the catamaran of displacement type is shown. In Fig. 3, *b* the general view of the planning catamaran with cutting fore ends is represented.

The serious drawback of catamarans is the potential possibility of blow of the bridge which connects the vessel hulls to a head wave. The interhull bridge has a wedge-shaped form in order to mitigate the blow. Such a form of the bridge is well shown in Fig. 3 *a, b*.

The planning catamarans have a structure of side hulls with the raised relation of L/B at the expense of a form of their fore ends. Such ends are capable to enter easily into the running wave, as though cutting it.

In the South-East Asia water areas the planning catamarans for passenger and car-and-passenger ferry connections are actively used. The Sea Cat type catamarans are mostly widespread. In Fig. 3, *c* the general view of such a catamaran is given.

The planning catamaran with the interhull bridge of a wedge-shaped form is also shown in Fig. 4. In the same Fig. the form of the internal surface of catamaran hulls is well represented. They have smooth rounding frames so the blow of a head wave can pass tangentially to the connecting bridge.

The questions of ensuring the general longitudinal strength are in the middle distance when designing the hull structures of multihull vessels. There are serious problems of ensuring the cross-section strength and torsion strength unlike the mono hull structures.

The constructive formation of a vessel which allows setting the vessel hull in and holding it above water surface is carried out by means of underwater wing systems. That is one more attempt of the speed increase of a moving vessel. In this case there is a redistribution of lift capacity of the underwater wings which arise when the vessel moves. These underwater wings push out the vessel hull above water surface.

From all the variety of structures of underwater wings it is possible to outline the most widespread ones in shipbuilding of such type of vessels (Fig. 5). The wing

Формирование продольных реданов имеет довольно разнообразный характер, поскольку их устоявшихся форм пока не создано. На рис. 2, *a* приведена форма обводов алюминиевого корпуса глиссирующего судна с многоярусными брызгоотбойниками и продольными реданами. На рис. 2, *b* изображен вид спереди на корпус глиссирующего судна с продольными реданами. На рис. 2, *в* продольные реданы использованы в корпусе глиссирующего катамарана.

Использование в одной конструкции судна нескольких корпусов с увеличенным отношением L/B привело к появлению таких судов, как катамараны, тримараны, суда с аутригерами и пр. Катамараны водоизмещающего типа имеют большую площадь палубы, которая используется для транспортировки пассажиров, контейнеров и колесной техники. В большой площади палубы нуждаются также рыбопромысловые суда. На рис. 3, *a* показан общий вид катамарана водоизмещающего типа, на рис. 3, *б* — общий вид глиссирующего катамарана с режущими носовыми оконечностями.

Серьезным недостатком катамаранов является потенциальная возможность удара мостом, соединяющим корпуса судна, о встречную волну. Для смягчения удара межкорпусный мост имеет клинообразную форму. Такая форма моста хорошо просматривается на рис. 3, *a, б*.

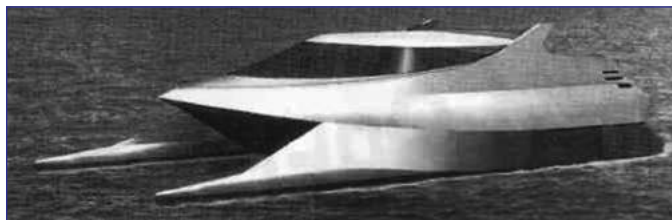
Глиссирующие катамараны имеют конструкцию боковых корпусов с повышенным отношением L/B за счет формы их носовых оконечностей. Такие оконечности способны легко входить в набегающую волну, как бы разрезая ее.

В акваториях Юго-Восточной Азии активно используются глиссирующие катамараны для пассажирских и автомобильно-пассажирских паромных сообщений. Наиболее распространены катамараны типа Sea Cat. На рис. 3, *в* приведен общий вид такого катамарана.

Глиссирующий катамаран с межкорпусным мостом клинообразной формы показан также на рис. 4. На этом же рисунке хорошо просматривается форма



a)



b)–б)



c)–в)

Fig. 3. General View of Vessels of Catamarans Type:

Рис. 3. Общий вид судов катамаранного типа:

a) — *catamaran of displacement type* / катамаран водоизмещающего типа; b)–б) — *planning catamaran with cutting fore ends* / глиссирующий катамаран с режущими носовыми оконечностями; c)–в) — *planning catamaran of the Sea Cat type* / глиссирующий катамаран типа Sea Cat



Fig. 4. Planning Catamaran with Interhull Bridge of Wedge-shaped Form and Internal Rounding Frames

Рис. 4. Глиссирующий катамаран с межкорпусным мостом клинообразной формы и со скругленными внутренними шпангоутами

systems of hydrofoils are subdivided by stationary and operated ones. The wing systems of stationary type have the fixed angle of the wing attack; the operated ones are capable to change the angle of wing system attack depending on the disturbance and rolling of the vessel. The wing systems of uncontrollable type received the biggest distribution, i.e. stationary oriented ones relative to the vessel hull. The operated systems of underwater wings are used on the vessels operated in sea and are capable to react to the sea disturbance by means of change of underwater wings lift capacity.

The high-speed pleasure catamaran general view of which is given in Fig. 6, *a* and has the air wing to unload the aft end of a boat. The general view of the underwater unloading wing is given in Fig. 6, *b*. Such a wing does not lift the vessel hull under water surface, but only partially lifts the aft part of a vessel, thereby reducing the vessel resistance.

The combination of underwater wings together with a triple-hulled vessel structure is given in Fig. 7, *a*. In this case, two directions of speed increase are carried out. One of them is connected with the increase of relative lengthening of the vessel hull; another one is connected with the possibility to raise the vessel hull above water surface.

One can reduce the wave resistance to the vessel movement by means of submerging the main hull as deep as possible relatively the free surface. Such an idea is shown in Fig. 7, *b* where the main vessel hull lowers in a movement mode and raises in order to reduce the draft. The inter transmission of the main hull of the vessel relatively the deck is carried out by means of the underwater wing systems of rack type and horizontal wheels of the semi-submerged hull. It is supposed to supply the vessel with the spacious deck and to support the vessel stability by means of wing systems.

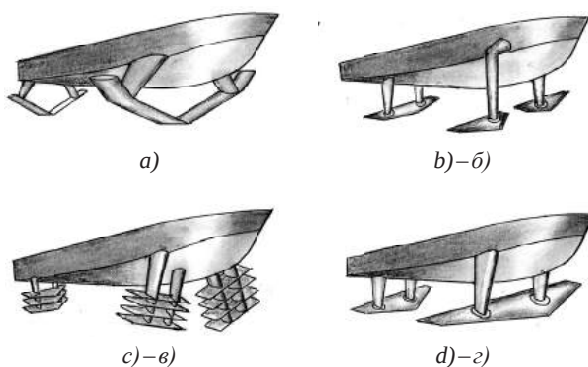


Fig. 5. Some Types of Wing Systems of Hydrofoils:

Рис. 5. Некоторые типы крыльевых систем судов на подводных крыльях:

a) — *V-figurative system of continuous underwater wings* / V-образная система сплошных подводных крыльев; *b)-(c)* — *flat single aft and pair bow wings* / плоские одиночные кормовые и парные носовые крылья; *c)-(d)* — *wings of rack type* / крылья этажерочного типа; *d)-(e)* — *flat continuous bow and aft wings* / плоские сплошные носовые и кормовые крылья

внутренней поверхности корпусов катамарана. Они имеют плавное скругление шпангоутов, чтобы удар встречной волны о соединительный мост проходил по касательной.

При проектировании корпусных конструкций многокорпусных судов на второй план уходят вопросы обеспечения общей продольной прочности и, в отличие от монокорпусников, возникают серьезные проблемы обеспечения поперечной прочности и прочности при кручении.

Конструктивное формирование судна, позволяющее выводить его корпус и удерживать над водной поверхностью, осуществляется посредством подводных крыльевых систем. Это еще одна попытка повышения скорости движущегося судна. При этом происходит перераспределение подъемных сил подводных крыльев, возникающих при движении судна, которые выталкивают корпус судна.

Из всего многообразия конструкций подводных крыльев можно выделить наиболее распространенные в судостроении такого типа судов (рис. 5). Крыльевые системы судов на подводных крыльях подразделяются на стационарные и управляемые. Крыльевые системы стационарного типа имеют фиксированный угол атаки крыла, управляемые способны изменять угол атаки крылевой системы в зависимости от волнения и качки судна. Наибольшее распространение получили крыльевые системы неуправляемого типа, т. е. стационарно ориентированные относительно корпуса судна. Управляемые системы подводных крыльев используются на судах, эксплуатируемых на море, и способны реагировать на морское волнение путем изменения подъемной силы подводных крыльев.

Скоростной прогулочный катамаран, общий вид которого приведен на рис. 6, *a*, имеет воздушное крыло

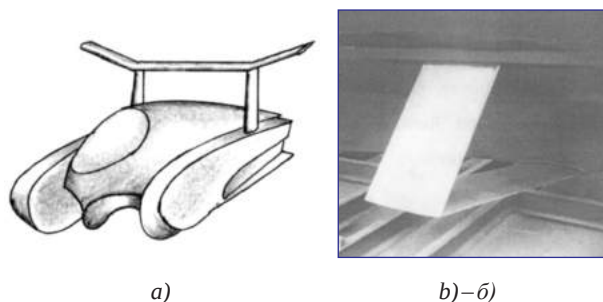


Fig. 6. High-speed Pleasure Catamaran with Aft Air Wing (a) and Underwater Unloading Wing on Aft Skeg (b)

Рис. 6. Скоростной прогулочный катамаран с кормовым воздушным крылом (a) и подводное разгрузочное крыло на кормовом скеге (б)

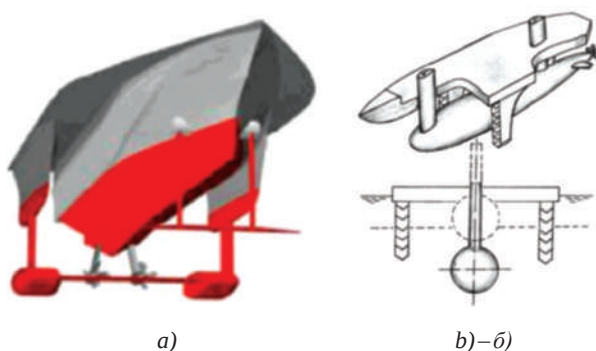


Fig. 7. High-speed Pleasure Triple-hulled Vessel with Underwater Wings (a) and Semi-submerged Vessel with Wing Systems (b).

Рис. 7. Скоростной прогулочный тримаран на подводных крыльях (a) и полупогруженное судно с крыльевыми системами (б)

The other variant of moveable fixation of hull structures relatively each other is given in Fig. 8. Here the variant of the moveable joint of three vessel hulls is shown. During the vessel movement the center hull rises above water surface which allows it moving like a usual catamaran. Under the dockage the center hull is lowered slightly which allows lowering sharply the draft and using such a type of vessel on shallow water. Such a constructive decision is acceptable for vessels of river and lake swimming.

The multihull high-speed vessel of displacement type with outriggers is given in Fig. 9. The lack of the deck (which connects all three hulls) distinguishes the vessel with outriggers from a triple-hulled vessel. The hulls of outriggers fasten by means of brackets, and they have considerably smaller sizes in comparison to the main hull.

As is shown in Fig. 9, б one aft outrigger has a public deck with the main hull, but its sizes much less than the sizes of the main hull. The arrangement of one outrigger is connected with the fact that under the heeling of the vessel on the right board the outrigger operates as a counterbalance, under the heeling of the vessel on

для разгрузки кормовой оконечности катера. Общий вид подводного разгрузочного крыла приведен на рис. 6, б. Такое крыло не поднимает корпус судна над поверхностью воды, а только частично приподнимает кормовую часть судна, уменьшая тем самым сопротивление судна.

Комбинация подводных крыльев в сочетании с конструкцией тримарана приведена на рис. 7, а. В этом случае реализуются два направления повышения скорости. Одно связано с увеличением относительного удлинения корпуса судна, другое — с возможностью приподнять корпус судна над свободной поверхностью воды.

Уменьшить волновое сопротивление движению судна можно погрузив основной корпус как можно глубже относительно свободной поверхности. Такая идея реализована на рис. 7, б, где основной корпус судна опускается в режиме движения и приподнимается для уменьшения осадки. Взаимное перемещение основного корпуса относительно палубы осуществляется подводными крыльевыми системами этажерочного типа и горизонтальными рулями полупогружного корпуса. Предполагается снабдить судно просторной палубой, а остойчивость поддерживать крыльевыми системами.

Другой вариант подвижной фиксации корпусных конструкций относительно друг друга приведен на рис. 8. Здесь показан вариант подвижного сочленения трех судовых корпусов. Во время движения судна средний корпус приподнимается над поверхностью воды, что позволяет ему двигаться как обычному катамарану. При стоянке средний корпус приспускается, что позволяет резко снизить осадку и использовать такой тип судна на мелководье. Такое конструктивное решение приемлемо для судов речного и озерного плавания.

Многокорпусное скоростное судно водоизмещающего типа с аутригерами приведено на рис. 9. Судно с аутригерами отличается от тримарана отсутствием палубы, соединяющей все три корпуса. Корпуса аутригеров крепятся посредством кронштейнов, и они имеют значительно меньшие размеры по сравнению с основным корпусом.

Как показано на рис. 9, б, один кормовой аутригер имеет общую палубу с основным корпусом, но размеры его значительно меньше основного корпуса. Расположение одного аутригера связано с тем, что при накренивании судна на правый борт он работает как противовес, при накренивании на левый борт —

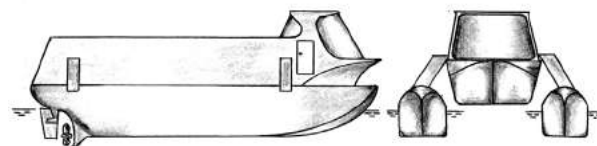
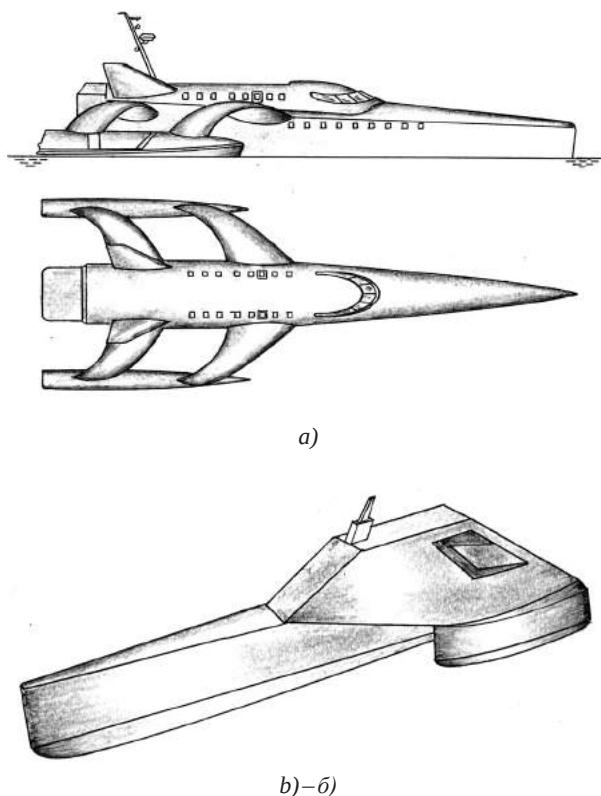


Fig. 8. Multihull Vessel with Inter-kinematic Moveable Hulls Connection

Рис. 8. Многокорпусное судно со взаимно кинематическим подвижным соединением корпусов



a)

b)–b)

Fig. 9. Multihull Vessel with two Outriggers (a), with one Out-rigger (b)

Рис. 9. Многокорпусное судно с двумя аутригерами (a) и с одним аутригером (б)

the left board it operates as additional buoyancy. The arrangement in the aft part is determined by the basic arrangement of a displacement component exactly in the aft part.

The vessels with a small area of the double hull waterline (Small Waterline Twin Hull) receive a wide outspread. The underwater part of their hulls which are fixed on the continuous racks have a cigar-shaped form (Fig. 10, a). The prismatic underwater hulls are shown in Fig. 10, b, the vessels with underwater hulls on separate racks are shown in Fig. 10, c. The constructive advantages of the vessels with a small area of the double hull waterline are obvious from Fig. 10, d which shows the raised deck area and placement of living accommodations in the inter-hull bridge.

The vessels with a small area of the double hull waterline need the increase of the longitudinal stability which is reached by the installation of horizontal wheels in the ends of underwater hulls (Fig. 11).

The horizontal wheel has a wing profile which is turned towards the midship line. The wheels of such a type locate on either side of a single vessel hull with a small area of waterline.

The design of hull structures of vessels with different variants of wing systems, with small area of waterline, with kinematically movable connections is connected with considerable difficulties in ensuring the transfer and distribution of relatively big loads which are close

как дополнительная плавучесть. Расположение в кормовой части определяется основным расположением составляющей водоизмещения именно в кормовой части.

Большое распространение получают суда с малой площадью ватерлинии двойного корпуса (Small Waterline Twin Hull). Подводная часть их корпусов, закрепленных на сплошных стойках, имеют сигарообразную форму (рис. 10, а). Призматические подводные корпуса показаны на рис. 10, б, суда с подводными корпусами на отдельных стойках — на рис. 10, в. Конструктивные преимущества судов с малой площадью ватерлинии двойного корпуса очевидны из рис. 10, г: эта повышенная площадь палубы и размещение жилых помещений в межкорпусном мосту.

Суда с малой площадью ватерлинии двойного корпуса нуждаются в повышении продольной остойчивости, что достигается установкой горизонтальных рулей в оконечностях подводных корпусов (рис. 11).

Горизонтальный руль имеет крыльевой профиль, обращенный в сторону диаметральной плоскости. Подобные рули располагаются по обе стороны одинарного корпуса судна с малой площадью ватерлинии.

Проектирование корпусных конструкций судов с различными вариантами крыльевых систем, с малой площадью ватерлинии, с кинематически подвижными соединениями связано со значительными сложностями в обеспечении передачи и распределения относительно больших нагрузок, близких к сосредоточенным, в локальных районах корпусных конструкций.

При ориентации на корпус катамарана возникает возможность немного приподнять его над ватерлинией, используя сжатый воздух, нагнетаемый под корпус судна, называемый воздушной подушкой. В носовой и кормовой частях воздушной подушки устанавливается гибкое ограждение, способное препятствовать неконтролируемому вытеканию воздуха из воздушной подушки. Такого типа суда принято называть судами на воздушной подушке (СВП) скегового типа (рис. 12). Скегами называют жесткие корпуса, подобные катамарану.

Если воздушную подушку удерживать под корпусом судна только гибким ограждением, то можно получить конструкцию судна на воздушной подушке амфибийного типа (рис. 13). При этом соприкосновение судна с водной поверхностью происходит только гибким ограждением.

Проектирование конструкций СВП связано, в первую очередь, с обеспечением прочности и износостойкости гибких элементов, особенно в районах их соединений с корпусными конструкциями.

Несколько французских фирм разработали принципиально новый тип судна, движимого ветром. Его наклонный 12-метровый парус-крыло создает подъемную силу, которая не только толкает корпус вперед, но и приподнимает его из воды, уменьшая гидродинамическое сопротивление. Двухметровые концевые



a)



b)–б)



c)–в)

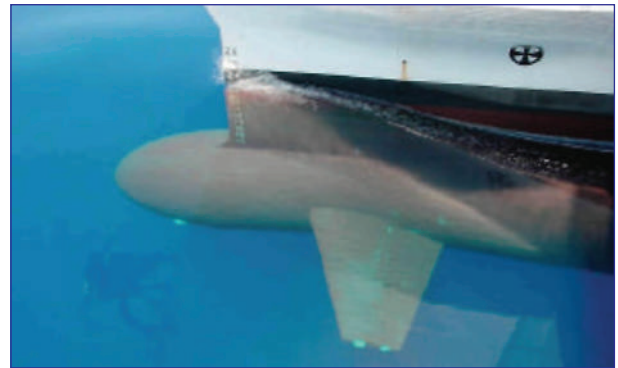


d)–г)

Fig. 10. Vessels with Small Area of Double Hull Waterline (Small Waterline Twin Hull):

Рис. 10. Суда с малой площадью ватерлинии двойного корпуса (Small Waterline Twin Hull):

a) — with Cigar-shaped Underwater Hulls / с сигарообразными подводными корпусами; b)–б) — with prismatic hulls / с призматическими; c)–в) — with underwater hulls on separate racks / с подводными корпусами на отдельных стойках; d)–г) — with the inhabited cross-structure / с жилым соединительным мостом



a)



b)–б)

Fig. 11. Horizontal Wheel which Stabilize Longitudinal Stability of Vessel with Small Area of Double Hull Waterline (a) and Vessel with Small Area of Single Hull Waterline (b)

Рис. 11. Горизонтальный руль, стабилизирующий продольную остойчивость судна с малой площадью ватерлинии двойного корпуса, (a) и судно с малой площадью ватерлинии одинарного корпуса (б)

секции крыла жестко закреплены, а четырехметровые внутренние элероны подвижны и управляются бортовым компьютером, реагируя на малейшие изменения ветра и «выжимая» из него максимум тяги. При смене галса крыло, маневрируя элеронами, перекидывается на другой борт, а корпус почти взлетает над водой. В перспективе подобное судно сможет двигаться втрое быстрее ветра, развивая невероятную для парусников скорость — до 100 км/ч.

Обеспечение прочности конструкций для такого судна, как и для судов с крыльевыми системами, связано с восприятием конструкциями больших сосредоточенных нагрузок.

**Fig. 12.** General View of Sidewall Air Cushion Vessel

Рис. 12. Общий вид судов на воздушной подушке скегового типа

**Fig. 13.** Amphibious Air Cushion Boat

Рис. 13. Катер на воздушной подушке амфибийного типа

to the hull structures. They are concentrated in the local regions.

There is a possibility to raise slightly the catamaran hull above the waterline under the orientation on it using the compressed air which is forced under the vessel hull and is called the air cushion. In the bow and aft parts of the air cushion the flexible protection which is capable to interfere the uncontrollable air outflow from the air cushion is installed. It is accepted to call the vessels of such a type as a sidewall air cushion vessel (SACV) (Fig. 12). A sidewall (skeg) is rigid hulls similar to a catamaran.

If one hold the air cushion under the vessel hull only by means of the flexible protection, it is possible to obtain a structure of the amphibious air cushion vessel (Fig. 13). In this case, the contact of the vessel with a water surface occurs only by means of the flexible protection.

First of all, the design of the SACV structures is connected with the supply of strength and wear resistance of flexible elements, especially in areas of their connections with hull structures.

Some French firms developed essentially new type of vessel which is movable by wind. Its inclined twelve-meter sail wing creates the lift capacity which not only pushes the hull forward, but also raises it from water, reducing the hydrodynamic resistance. Two-meter wing end sections are rigidly fixed, and four-meter internal elements are movable and controlled by the board computer, reacting to slight wind changes and “squeezing out” maximum draft from it. Under the tack change the wing, maneuvering with electronics, is thrown on the other board, and the hull almost flies up above water. In prospect the similar vessel can move three times quicker than wind, accelerating the improbable speed for the sailing vessels up to 100 km/h.

The supply of the structures strength for such a vessel is connected with the structures perception of the big concentrated loadings like for vessels with wing systems.

The choice of optimum material for hull structures is a separate question of the small high-speed vessels design. The modern technologies which are applied in shipbuilding allow stopping on the following materials: shipbuilding steel (SS); lightweight alloys (LA);

Отдельным вопросом проектирования малых скоростных судов является выбор оптимального материала для корпусных конструкций. Современные технологии, применяемые в судостроении, позволяют остановиться на следующих материалах: судостроительная сталь (СС); легкие сплавы (ЛС); ламинированная древесина (ЛД); армированные пластики (АП); сэндвичевые конструкции на основе армированных пластиков (СЭ).

Выбор материала в значительной степени зависит от назначения, размеров, режима движения и условий эксплуатации малых судов. Для судов, используемых в режиме яхт (кратковременные эпизодические выходы), бесспорным лидером среди материалов являются армированные пластики и сэндвичевые конструкции — вследствие малого веса и сравнительно невысокой стоимости при серийном производстве. Недостатки данных материалов (относительно небольшой срок службы и склонность к расслоению при динамических нагрузках) в данном режиме эксплуатации незначительны. Ламинированная древесина из-за дороговизны применяется в основном для эксклюзивных яхт.

Для судов с жесткими режимами эксплуатации (патрульные, спасательные, служебные), предназначенных для длительной эксплуатации в ходовых режимах, остается выбор между судостроительной сталью и легкими сплавами. Несмотря на значительное количество исследований в данной области, выбор не является простым из-за значительной разницы в стоимости конструкций и требует дополнительного анализа. С целью сравнения результатов применения альтернативных материалов следует рассмотреть факторы влияния на проектные параметры судна.

Все факторы оцениваются в предположении, что альтернативные конструкции являются равнопрочными и выполняются все требования, предъявляемые Классификационным обществом к конструкциям рассматриваемого судна.

1. Фактор влияния на архитектурно-конструктивный тип (АКТ) судна количественной оценке не поддается, однако АКТ существенно влияет на формообразование проектируемого судна.

laminated wood (LW); reinforced plastics (RP); sandwich structures on the basis of the reinforced plastics (SS).

The material choice depends substantially on application, sizes, mode of movement and operation conditions of small vessels. For vessels which are used in the yacht mode (short-term incidental sailings) the reinforced plastics and sandwich structures are the indisputable leaders among materials in consequence of small weight and rather low cost under mass production. The drawbacks of such materials (relatively small service life and tendency to stratification under the dynamic loadings) are insignificant in this operation mode.

The laminated wood is used generally for exclusive yachts because of high cost.

For vessels (patrol, rescue, service ones) with rigid operation modes and which are intended for long operation in running modes there is a choice between the shipbuilding steel and easy alloys. Despite the significant amount of research in this field the choice is not simple because of the considerable difference in structures cost and demands additional analysis. It is necessary to consider the factors of influence on the design vessel parameters in order to compare the results of alternative materials application.

All factors are estimated in the assumption that the alternative structures are equal in strength and all the requirements which are suggested to the structures of the considered vessel by the Classification Society are fulfilled.

1. The factor of influence on the architectural constructive type (ACT) of a vessel does not yield to the quantitative assessment; however the ACT influences essentially on the projected vessel forming.

Under the identical forms, capacity characteristics, power weight ratio the lightweight alloy vessel will have smaller displacement and, respectively, high speed in all movement modes under equal weather conditions at the expense of small hull weight. It is connected with the basic ratios of the main regularities and forming parameters for all vessels.

At the expense of reduction of the "hull mass" component as a part of full displacement the position of the vessel gravity center on height will be a bit less than for the vessel with a steel hull (SH) and the stability will be higher respectively. There are less technological restrictions of the form for the lightweight alloy structures (LA), than for the steel structures (SS) (because of high alloy plasticity). Therefore, almost any forming is possible what is especially important under the vessel exterior development and difficult contours formation.

2. The factor of the weight hull structures realizes the decrease of the hull structures weight from the LA in comparison with the full strength steel structures. It does not demand the testifying, it is only a question of quantitative indicators.

The correct masses relations are given for several alternative variants of vessels, for example in [7] the mass of the LA structures to the mass of the SS structures is

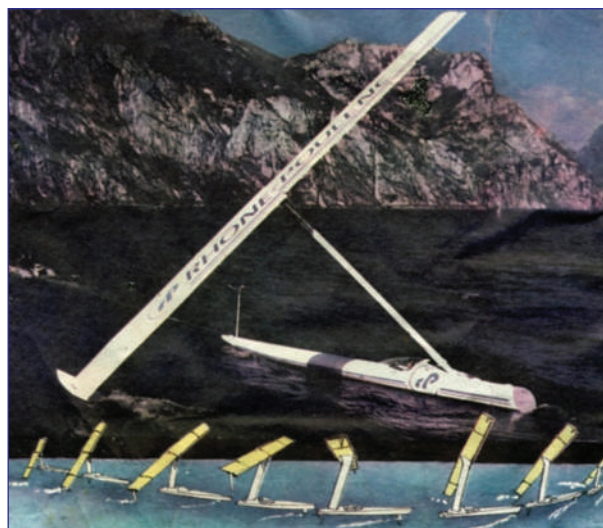


Fig. 14. Sailing High-speed Vessel with Wing Propulsion

Рис. 14. Парусное скоростное судно с крыльевым двигателем

При одинаковых формах, характеристиках вместимости, энерговооруженности судно из легкого сплава, за счет меньшего веса корпуса, будет иметь меньшее водоизмещение и, соответственно, большую скорость во всех режимах движения при равных погодных условиях. Для всех судов это связано с основными соотношениями главных размерений и параметрами формообразования.

За счет уменьшения составляющей «масса корпуса» в составе полного водоизмещения положение центра тяжести судна по высоте будет несколько меньше, чем для судна с корпусом из стали и, соответственно, будет выше остойчивость. Технологических ограничений формы конструкций из легкого сплава меньше, чем для конструкций из стали (из-за высокой пластичности сплава), поэтому возможны почти любые формообразования, что особенно важно при отработке экстерьера судна и формировании сложных обводов.

2. Фактор массы корпусных конструкций реализует очевидность снижения массы корпусных конструкций из ЛС по сравнению с равнопрочными конструкциями из стали. Он не требует подтверждений — это только вопрос количественных показателей.

Корректные соотношения масс приводятся для нескольких альтернативных вариантов судов, например, в [7] (масса конструкций ЛС / масса конструкций СС): 0,603; 0,670; 0,640; 0,608 — для различных сравнимых вариантов малых судов. В целом можно говорить о близком к 40 % снижении массы корпуса.

Теоретические исследования снижения массы корпуса изложены в [1], где приводится диапазон возможного уменьшения весовых показателей на 30...50 %. Широкое применение относительно низкопрочного сплава АМгЗ и особенности исследований, направленных на создание конструкций

0.603; 0.670; 0.640; 0.608 for various comparable variants of small vessels. So, we can speak about the hull weight decrease which is close to 40 %.

The theoretical research on a problem of the hull weight decrease is presented in [1] where the range of possible decrease of the weight indicators is given by 30...50 %. The wide application of the AMr3 low-strength alloy and specific features of the research directed on the development of structures with the underestimated minimum thicknesses confirms the hull weight decrease which is close to 40 %.

The research results given in [4] predict the decrease of the hull structures weight (approximately by 35 %) for a vessel from the LA in comparison with a vessel from the SS with a bulkhead from the LA. The provided data are confirmed by the research results given in [8].

In general, according to the generalized research results we can speak about the weight decrease (by 35...40 %) of the hull structures which are made of the LA in comparison with the steel structures.

3. The factor of cost of the hull structures development is characterized by the relation of costs of the developed hull structures from the LA and steel. The cost of a hull structure from the ship-building steel in Ukraine is 3.9...4.3 \$/kg depending on its manufacturing complexity. The cost of a hull structure from the LA is 23...27 \$/kg. The initial expenses of the structures manufacturing is 6 times as much as expenses of the steel structures.

4. The factor of service life of the hull structures of vessels from the SS and LA has significant differences. The majority of the Principles of classification societies provide the service life of 25...30 years with one extensive repair for steel vessel structures. There is much longer operation of small vessels with steel hulls under the condition of vessel care and its operation in fresh-water reservoirs. The reason of quite fast structures wear is the corrosion in places which are hard-to-reach for renewal of protective coverings. The most weak places are the teakwood decking (the sealants have limited service life and leak water to the decking surface and the intensive corrosion wear begins), the bilges along the whole length of the hull, the internal surfaces of the built-in water and waste tanks. As a rule, after 10...15 years of vessel operation the relaying of decking and extensive repair with replacement of the structure part are required. The repair is rather expensive.

The LA structures can serve incomparably longer. If considering the welded vessels, it is possible to count some dozens of small vessels constructed in the late sixties and have been maintained till present days only in Mykolayiv without the extensive repair. The biggest possible service life of welded yachts from the LA is not established today, since this material for the hull structures manufacturing by means of welding came actively into operation only from the middle of the sixties. It is only known that the light-weight alloys yield to corrosion in 100 times less, than shipbuilding steel [3].

It is necessary to take into consideration that the LA hull need the periodic procedural servicing of sacrificial

с заниженными минимальными толщинами, подтверждает близкое к 40 % снижение массы корпуса.

Результаты исследований, приведенные в [4], прогнозируют снижение массы корпусных конструкций для судна из ЛС, по сравнению с судном из СС с надстройкой из ЛС, приблизительно на 35 %. Приведенные данные подтверждаются результатами исследований выполненных в [8].

В общих чертах, по обобщенным результатам исследований можно говорить о снижении массы корпусных конструкций, изготовленных из ЛС, по сравнению с конструкциями из стали, на 35...40 %.

3. Фактор стоимости изготовления корпусных конструкций характеризуется соотношением стоимостей изготовленных корпусных конструкций из ЛС и стали. Стоимость корпусной конструкции из судостроительной стали в Украине — 3,9...4,3 дол./кг в зависимости от сложности изготовления; стоимость корпусной конструкции из ЛС — 23...27 дол./кг. Превышение начальных затрат на изготовление конструкций — более чем в 6 раз по сравнению с конструкциями из стали.

4. Фактор срока службы корпусных конструкций судов из СС и ЛС дает значительные различия. Для стальных судовых конструкций большинство Правил классификационных обществ предусматривают срок службы 25...30 лет с одним капитальным ремонтом. Отмечены случаи более долгой эксплуатации малых судов со стальными корпусами при условии особенно тщательного ухода за судном и эксплуатации в пресноводных водоемах. Причина довольно быстрого износа конструкций — коррозия в местах, труднодоступных для возобновления защитных покрытий. Наиболее уязвимыми местами являются настилы палуб под тиковым покрытием (герметики имеют ограниченный срок службы и с течением времени пропускают воду к поверхности настилов, начинается интенсивный коррозионный износ), льяла по всей длине корпуса, внутренние поверхности встроенных водяных и сточных цистерн. Как правило, после 10...15 лет эксплуатации судна требуются переукладка палубных настилов и капитальный ремонт с заменой части конструкций. Ремонт достаточен дорогостоящий.

Конструкции из ЛС могут служить несравненно дольше. Если рассматривать сварные суда, то только в Николаеве можно насчитать несколько десятков малых судов, построенных в конце 60-х годов и эксплуатирующихся до сих пор без капитального ремонта. Наибольший возможный срок службы сварных яхт из ЛС на сегодняшний день не установлен, так как этот материал для изготовления корпусных конструкций способом сварки начал активно применяться только с середины 60-х годов. Известно лишь, что ЛС в 100 раз меньше поддаются коррозии, чем судостроительная сталь [3].

Следует принимать во внимание, что корпусные конструкции, выполненные из ЛС, нуждаются в регулярном обслуживании протекторной защиты

Table 1.

Таблица 1.

No. / №	Operational Characteristics Эксплуатационная характеристика	Steel Сталь	Light-weight Alloy Легкий сплав
1	Extensive Repair Капитальный ремонт	On average once in 15 years * В среднем 1 раз в 15 лет*	Not required Не требуется
2	Repair in the Case of Damage Ремонт в случае повреждения	Without the cost of preparatory work is 3,9–4,3 \$/kg Без учета стоимости подготовительных работ 3,9–4,3 дол./кг	Without the cost of preparatory work is 23–27 \$/kg Без учета стоимости подготовительных работ 23–27 дол./кг
3	Top-dressing Рихтовка	Thermomechanical Термомеханическая	Mechanical thermal Механотермическая
4	Nature of Bulk Damages Характер повреждений при навалах	Hollows, holes Вмятины, пробоины	Hollows, holes (hollow resistance is by 29 % more than the equivalent steel structures have, destruction resistance is by 12,5 % more) Вмятины, пробоины (сопротивляемость вмятию на 29 % больше, чем у эквивалентных стальных конструкций, сопротивляемость разрушению на 12,5 % больше)
5	Painting of External Surfaces Окраска наружных поверхностей	Standard "sea" scheme (possible appearance of indelible yellow stains on the covering and the necessity of complete repaint of structure) Стандартная «морская» схема (возможно появление несмываемых желтых потеков на покрытии и необходимость полной перекраски конструкций)	Standard "sea" scheme (under the due care — 3...4 years). Only the decorative layer further renews. Стандартная «морская» схема (при надлежащем уходе сохраняется 3–4 года). В дальнейшем возобновляется только декоративный слой
6	Painting of Internal Surfaces Окраска внутренних поверхностей	Partial renewal of coverings once in 2 years В среднем требуется частичное возобновление покрытий раз в 2 года	Renewal is not required Возобновление, как правило, не требуется
7	Vessel Liquidity Ликвидность судна	Rather high. It renews after the high-quality extensive repair Достаточно высокая. Возобновляется после проведения качественного капитального ремонта	High for a long time. Rather small number of similar vessels is in the secondary market. Высокая в течение длительного времени. Относительно малое количество подобных судов на вторичном рынке

** Characteristics are improved under the plasma spraying on a surface of steel structures of the anode layer / Характеристики улучшаются при плазменном напылении на поверхность стальных конструкций анодного слоя.

protection (timely anodes replacement) and the application of lay anodes can be demanded for a vessel during the long-term dockage on the berths which have big masses of steel structures.

5. The factor of influence on operational characteristics is reduced to the main operational characteristics for structures from steel and the LA which are given in Table 1.

CONCLUSION. 1. The provided analysis of the constructive decisions carried out in small and high-speed shipbuilding is reduced to remove the vessel hull from water surface, which is a dividing border of two environments. The air and water environments differ on the density approximately in 800 times. 2. In a range of the increased speeds the wave component of water resistance to vessel movement is defining. Therefore, the

(своевременная замена анодов) и для судна может потребоваться применение стояночных анодов при длительных стоянках у причалов, имеющих большие массы стальных конструкций.

5. Фактор влияния на эксплуатационные характеристики сведен к основным эксплуатационным характеристикам для конструкций из стали и ЛС, которые приведены в табл. 1.

ВЫВОДЫ. 1. Приведенный анализ конструктивных решений, реализуемых в малом и скоростном кораблестроении, сводится к стремлению удалить корпус судна от водной поверхности, являющейся разделительной границей двух сред. Воздушная и водная среда отличается по своей плотности примерно в 800 раз. 2. В диапазоне повышенных скоростей определяющим является волновая составляющая

main hull structures of vessel either lift above water surface or submerge. The constructive decisions which provide the lifting of the vessel hull above water surface are more common and carried out by the planning, wing systems, creation of the air cushion and a combination of these constructive methods.

The light-weight alloy is more preferable according to the comparison of alternative variants of hull structures materials on the criterion of cumulative expenses over the whole term of operation. There are following positive factors: the raised esthetic characteristics of the object; the simplicity of structures service in operation; the increase of vessel liquidity at the secondary market.

сопротивления воды движению судна. Поэтому основные корпусные конструкции судна или поднимаются над уровнем водной поверхности, или заглубляются. Конструктивные решения, обеспечивающие подъем корпуса судна над свободной поверхностью воды, встречаются гораздо чаще и реализуются глиссированием, крыльевыми системами, созданием воздушной подушки и комбинацией этих конструктивных приемов.

Исходя из сравнения альтернативных вариантов материалов корпусных конструкций по критерию совокупных затрат за весь срок эксплуатации, предпочтительнее легкий сплав. Дополнительно появляются следующие положительные факторы: повышенные эстетические характеристики объекта; простота обслуживания конструкций в эксплуатации; повышение ликвидности судна на вторичном рынке.

Список литературы

- [1] **Бойцов, Г.В.** Прочность судовых конструкций из алюминиевых сплавов [Текст] / Г.В. Бойцов, В.М. Небылов, Г.О. Таубин. — Л.: Судпромгиз, 1962. — 212 с.
- [2] **Дубровский, В.А.** Сравнение судов с аутригерами с другими многокорпусными судами [Текст] / В.А. Дубровский // Судостроение. — 2001. — № 1. — С. 9–14.
- [3] **Кириленко, А.Н.** Судостроительные сплавы на основе алюминия [Текст] / А.Н. Кириленко. — К.: Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», 2010. — С. 197–203.
- [4] **Кузнецов, А.И.** Определение весовых показателей корпусных конструкций парусно-моторных, моторных яхт и малотоннажных служебных судов на ранних стадиях проектирования [Текст] / А.И. Кузнецов // Междунар. науч.-практ. конф. в честь 80-летнего юбилея проф. В.В. Козлякова. — О., 2010. — С. 300–311.
- [5] Методика проведения буксировочных испытаний в опытовом бассейне с помощью двух моделей глиссирующего судна [Текст] / В.В. Бабенко, Ал. И. Кузнецов, Ан. И. Кузнецов, В.В. Мороз // Прикладная гидромеханика. — 2003. — Т. 5 (77), № 4. — С. 5–11.
- [6] **Пленкин, Ю.А.** Судно с комбинированным корпусом [Текст] / Ю.А. Пленкин // Морской флот. — 1981. — № 1. — С. 48–49.
- [7] Aluminum Boats. Safran. Kaiser aluminum & chemical sales [Text]. — INC. — Oakland, California, 1978. — 111 p.
- [8] **Ernest, H Sims.** Aluminium Boatbuilding., Adlard Coles Nautical [Текст] / H Sims Ernest. — London. — 118 p.

© Ю.Н. Коробанов, А.И. Кузнецов, А.А. Коробанова

Статью рекомендует в печать
д-р техн. наук, проф. Б.А. Бугаенко



Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС «ИЗЛУЧИНА»

Пассажирское судно на воздушной подушке амфибийного типа (СВПА) «Беркут» предназначено для перевозки людей по воде и льду в морских и речных районах при температуре наружного воздуха от -20°C до $+45^{\circ}\text{C}$, с удалением от места убежища на расстояние до 50 миль, с заходом в крупные реки.

СВПА «Беркут» предназначено для эксплуатации в прибрежных мелководных и заболоченных районах, в заросшем мелководье, в обводненных во время разлива рек участках суши, во время ледохода и шуги, в тундре без ограничения прочности покрова, по снегу любой прочности, по рекам во время ледохода и ледостава.



Руководитель проекта:
д.т.н., профессор Зайцев В.В.
тел.: +38 (067) 515-75-53
e-mail: zvv1949@gmail.com

Научно-исследовательская часть НУК
Научно-производственный комплекс «Излучина»
e-mail: science@nuos.edu.ua
website: nuos.edu.ua/science; тел.: +38 (0512) 709-105