



В. В. Вейнберг

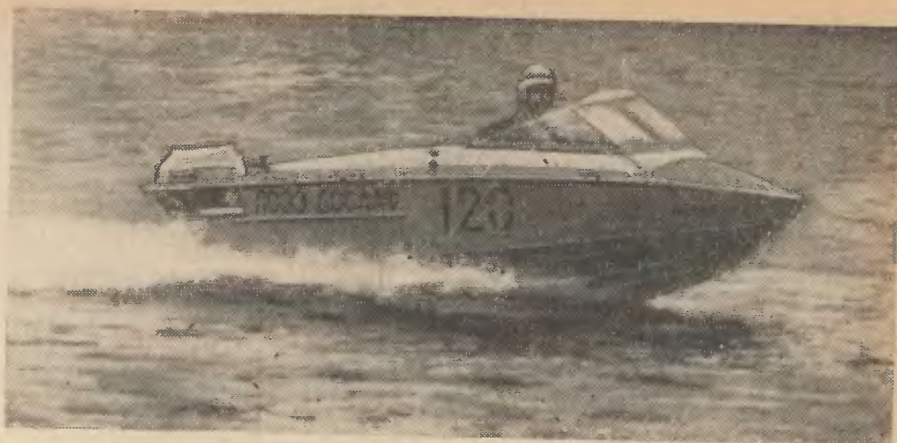
глубокое V — „за“ и „против“

Окончание.

Начало —

см. в предыдущем
номере

Разговор о плюсах и минусах катеров с обводами глубокое V продолжим, рассматривая вопросы мореходности. В принципе под мореходностью понимается целый комплекс свойств, которые характеризуют поведение катера в условиях волнения: ходовые качества (увеличение сопротивления и соответственно потерю скорости, устойчивость на курсе и управляемость), комфортабельность плавания (качку и ударные перегрузки), безопасность плавания (устойчивость — на стоянке и на хо-



ду, заливаемость катера). Все эти характеристики тесно связаны и дают представление о мореходности судна только в комплексе, однако обычно их приходится анализировать по отдельности, тем более, что всякое улучшение любой из характеристик положительно сказывается на общем уровне его мореходных качеств.

При прохождении катером подошвы волны обычно наблюдается стремление корпуса зарыться носом в волну, что заметно снижает скорость хода. Попутная волна при этом нагоняет катер, приподнимает корму (она обычно шире, чем нос, в связи с чем на ней развивается большая подъемная сила) и этим усиливает зарывание носа. На гребне волны корма катера может быть легко отброшена в ту или иную сторону, вследствие чего в дальнейшем один из бортов подвергается удару надвигающейся волны.

Это явление вызывает рысканье катера на курсе, появление крена, а иногда и опрокидывание. Зарывание носом в волну всегда сопровождается подъемом брызговой пелены, причем часть брызг под действием ветра попадает на палубу. Особенно высоко поднимается брызговая пелена у катеров с острыми носовыми образованиями корпуса. Подъем воды приходится ограничивать установкой широких брызгоотбойников, направляющих струи воды в горизонтальном направлении.

Чем более полными сделаны носовые образования и более острыми — кормовые, тем в принципе выше могут быть мореходные качества катера. Благоприятно сказывается в этом смысле и уменьшение длины корпуса.

Корпуса, имеющие значительную и почти постоянную килеватость по всей длине (так называемые обводы моногедрон), обладают в этом отношении лучшими характеристиками. Этот вывод подтверждается, например, сравнительными мореходными

испытаниями двух моделей. Одна из них (вариант I) имела обводы глубокого V с килеватостью 22° на всей кормовой половине длины корпуса и сравнительно полными носовыми образованиями, другая (вариант II; условно назовем ее обводы традиционными) — меньшую килеватость на транце (14°), возрастающую до 22° в районе центра тяжести и до 42° на теор. шп. 3, и более острую носовую часть.

Модель традиционных обводов сильно зарывалась в волну, рыскала и получала опасный крен, палуба сильно заливалась набрасываемой ветром брызговой пеленой. Все это заставляло ограничить скорость буксировки. В то же время более полные носовые образования модели I варианта препятствовали ее зарыванию, продольные реданы-брызгоотбойники не давали брызговой пелене подниматься выше скулы, палуба оставалась абсолютно сухой. (Подобные испытания моделей в Норвежском опытовом бассейне были описаны в статье в № 28 сборника «Катера и яхты»).

Удовлетворительное поведение на волнении было отмечено и во время испытаний небольшой экспериментальной лодки, чертежи которой приведены ниже. При движении со скоростью около 40 км/час на волне высотой до 0,7 м на всех курсовых углах эта лодка не рыскала и практически не забрызгивалась. Особо надо отметить хорошую всхожесть на попутную волну, что может быть объяснено также и относительно небольшой длиной корпуса.

Для катеров с относительно более высокими скоростями движения опасность зарывания в волну не является основной. При высоких скоростях катер не успевает «следить» за профилем волны даже при попутном волнении. Подъемная сила, возникающая на днище при встрече с волной, достигает такой величины, которая бывает достаточна для того, чтобы полностью оторвать катер от воды.

Следующую волну этот катер встретит уже центральным участком днища, пролетев над подошвой волны. При таком характере движения на волнении основное значение при оценке мореходности приобретают величины ударных перегрузок.

Скорость, при которой катер начинает отрываться от воды, зависит от удельной нагрузки на днище катера и углов килеватости. Для малокилеватого днища с небольшой удельной нагрузкой (плоское и широкое днище) подобный режим наступает на значительно меньшей скорости. При этом лодка получает удары, напоминающие удары кувалдой; прочность узлов и плотность соединений корпуса находятся под угрозой.

С дальнейшим ростом скорости из-за увеличения силы и времени воздействия гидродинамических нагрузок увеличиваются и «прыжки» катера. Из-за несимметричности ударов катер, отрываясь от воды, начинает получать чрезмерные крен и дифферент, что при приводнении может привести к опрокидыванию. Это особенно опасно для малокилеватых судов, на плоском днище которых возникают очень большие гидродинамические силы. Приводнение судов с килеватыми кормовыми обводами проходит значительно мягче, что позволяет поддерживать более высокую скорость хода при движении на волнении.

Действующие на днище периодические ударные силы могут в несколько раз превысить вес катера, а гидродинамическое давление — в несколько раз превзойти наибольшее значение давления на днище при установившемся глиссировании. Ударные перегрузки измеряются величиной ускорения, которое приобретает исследуемый участок корпуса катера при ударе, и обычно сравниваются с ускорением силы тяжести $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$. Величина перегрузок зависит от угла килеватости (см. рис. 8 в первой части статьи) и пропорциональна квадрату вертикальной скорости в момент встречи днища с поверхностью воды, которая, в свою очередь, зависит от скорости хода катера и высоты волны.

Обычно сила удара достигает максимума при движении против волны, длина которой близка к длине катера. На всех других курсах по отношению к бегу волны ударные нагрузки будут меньше. Максимальные перегрузки всегда бывают в носовой части катера, к транцу ускорения резко уменьшаются.

На рис. 16 показано распределение максимальных перегрузок по длине для упомянутых ранее двух моделей. Можно отметить относительно высокие значения вертикаль-

ных перегрузок в носовых районах для обоих корпусов (хотя и намного меньшие — за счет свободы вертикальных перемещений катера, чем показано на рис. 8 для случая с жестким закреплением пластины). У модели традиционных обводов, однако, эти перегрузки на умеренных скоростях оказались несколько ниже — из-за более острых носовых образований. При дальнейшем повышении скорости можно ожидать, что их величина превзойдет перегрузки, замеченные на модели с глубоким V, как это и происходит в районе центра тяжести (рис. 17), но эксперимент был прекращен из-за опасного зарывания модели традиционных обводов в волну. Рост перегрузок на этой модели может быть объяснен увеличением продольного раскачивания, приводящего к возрастанию вертикальной скорости встречи днища катера с водой.

На модели с глубоким V снижение перегрузок в кормовой части, по сравнению с носовой, проявляется значительно более резко (см. рис. 16).

При оценке опасности динамических нагрузок, которые возникают при ходе катера, целесообразно принимать во внимание и время их действия, определяющее глубину распространения ускорений в корпусных конструкциях и необходимость дополнительной амортизации сидений и оборудования. На рис. 18 приведены значения относительного времени действия перегрузок, превышающих $1g$, по результатам испытаний тех же двух моделей. На умеренных скоростях более острые в носу традиционные обводы модели II обеспечивают больший комфорт. С ростом скорости, однако, время действия перегрузок увеличивается, степень комфортабельности для этой модели падает гораздо быстрее и на высоких скоростях становится значительно ниже, чем для модели с глубоким V.

Если сравнивать характер движения на волнении не моделей, а натурных катеров, имеющих одинаковую килеватость в районе центра тяжести (равную $21^\circ - 23^\circ$), можно сделать вывод, что мореходность катера с традиционными обводами может быть обеспечена лишь для скоростей менее $25 \div 30 \sqrt[3]{D} \text{ км/час}$ (D в тоннах); на более высоких скоростях преимущества обводов глубокого V становятся бесспорными.

Необходимо обратить внимание еще на одно обстоятельство. На малокилеватом катере частые и сильные удары в днище при ходе на волне обычно не вызывают значительного раскачивания катера; лишь иногда наиболее сильные удары высоко подбрасывают катер и возникает опасность появления значитель-

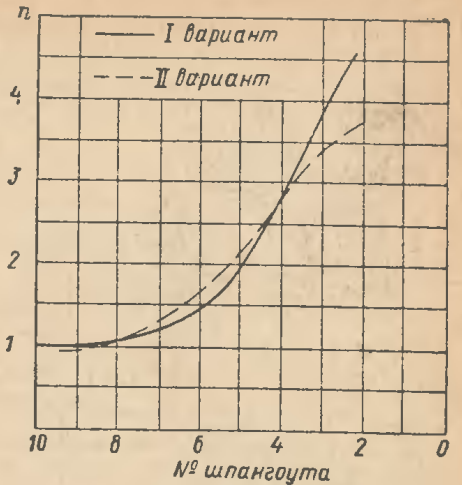


Рис. 16. Изменение максимальных перегрузок p (в единицах g) по длине при испытаниях моделей на волнении.

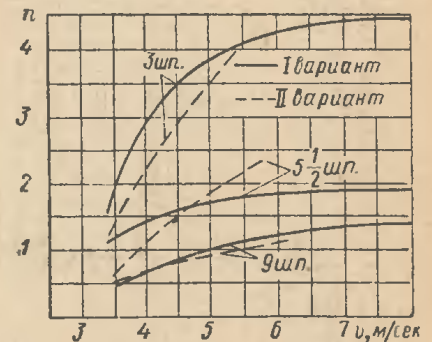


Рис. 17. Изменение максимальных перегрузок p (в единицах g) на испытываемых моделях в зависимости от скорости движения для различных районов корпуса.

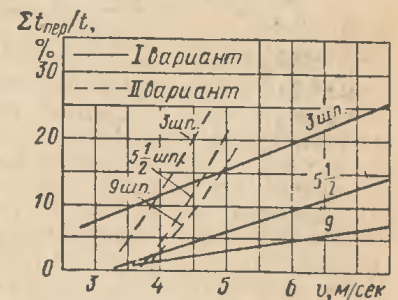
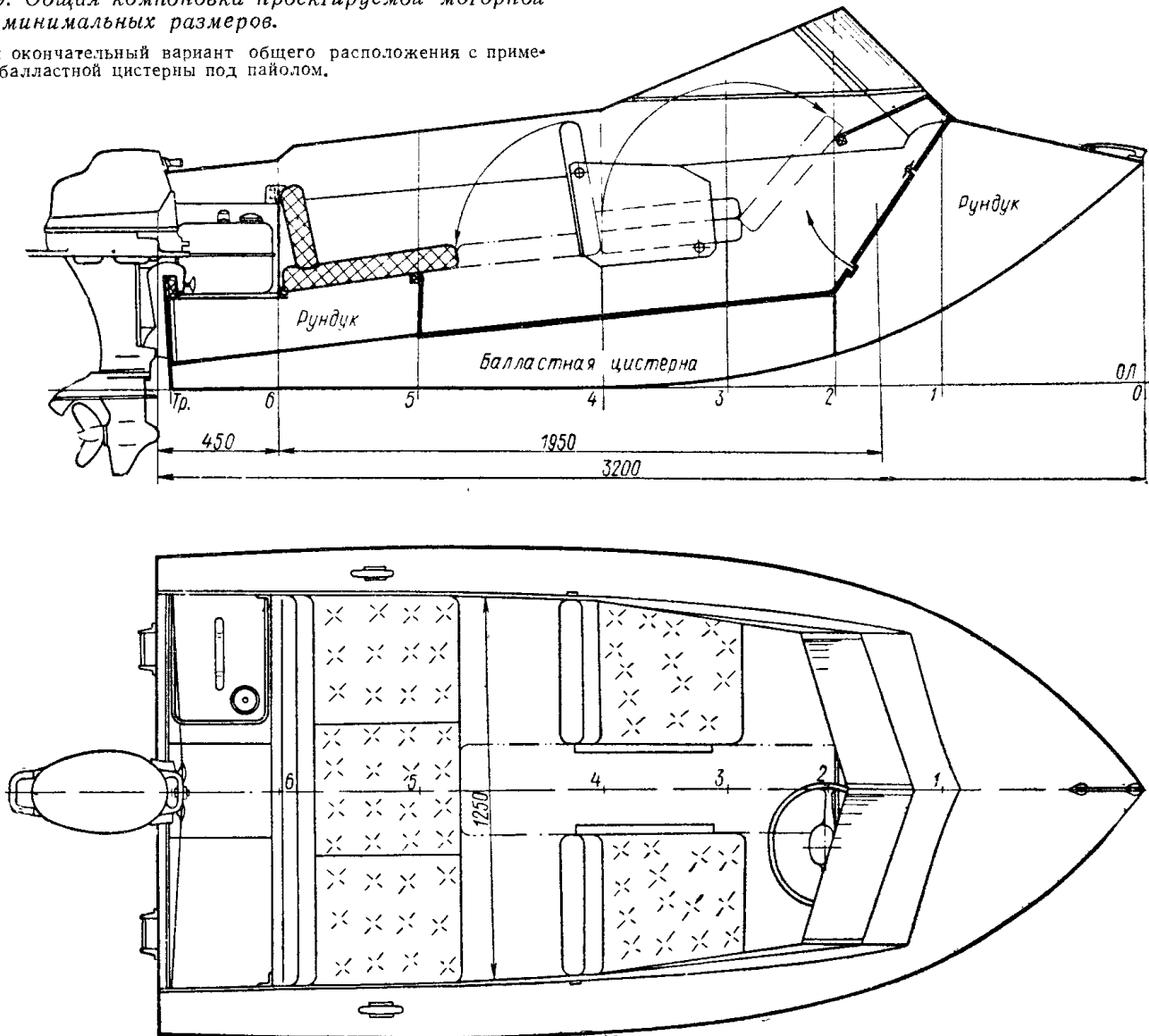


Рис. 18. Относительное время действия перегрузок, превышающих $1g$, замеренное при испытаниях моделей.

ного крена или дифферента, которые могут привести к опрокидыванию. А вот катера с глубоким V, напротив, имея меньшую начальную остойчивость, как правило, довольно сильно раскачиваются с борта, следуя профилю волны, но это раскачивание почти не сопровождается уда-

Рис. 19. Общая компоновка проектируемой моторной лодки минимальных размеров.

Показан окончательный вариант общего расположения с применением балластной цистерны под пайолом.



рами. Толчки, которые приходится испытывать пассажирам, на умеренных скоростях довольно плавные. С ростом скорости движения, естественно, плавность раскачивания уменьшается, поэтому на быстроходных килеватых катерах совершенно необходимо ставить сиденья с мягкими подлокотниками. Иногда и на таких катерах наблюдаются отдельные сильные удары в днище, если катер встречает волну, имея большой крен: из-за крена днище в месте контакта с водой принимает удар почти как плоская пластина.

На высокой волне катер с обводами глубокое V периодически отрывается от воды. Эти моменты отрыва легко отмечают пассажирами потому, как после плавного нарастающего толчка катер перестает испытывать какие-либо ускорения. Обычно катер «садится» на воду довольно

мягко, причем дифферент его почти не меняется.

* * *

Итак, мы рассмотрели целый ряд соображений «за» и «против» обводов глубокое V, познакомились с результатами экспериментальных работ и опытом эксплуатации натуральных катеров. Посмотрим теперь, как применяются эти теоретические положения и выводы практически — при проектировании небольшой прогулочной лодки с обводами глубокое V под подвесной мотор самой «популярной» мощности 25 л. с. Оговоримся сразу, что нас будет интересовать при этом не только наиболее быстроходный и мореходный но и наиболее экономичный вариант — с минимальными размерениями.

Начнем с выяснения полезной нагрузки и требующейся полезной площади кокпита. Как правило, на

кратковременные прогулки выходят группой в два-три человека, но нередко количество людей увеличивается до пяти, причем горячего обычно берут на 4—5 часов хода. Будем считать, что нам надо разместить в кокпите пять мест для сидения. Такой вариант позволит использовать лодку и для более продолжительных туристских плаваний при экипаже два человека: «запасную» площадь можно будет использовать для размещения запасов и снаряжения и устройства спального места.

Примем наиболее распространенную на современных лодках схему: трехместный кормовой диван и два носовых сиденья с проходом между ними к месту водителя. Минимальные размеры кокпита для такой схемы (рис. 19) будут: примерно 1,25 м по ширине лодки и 1,95 м по длине. В корме надо прибавить 450 мм по

длине для подмоторной ниши, в которой можно будет разместить (по бортам) два стандартных 20-литровых бака.

Теперь можно в первом приближении определить водоизмещение лодки и расстояния ЦТ от транца при разных вариантах нагрузки. Задавшись обычным для небольших лодок весом корпуса с оборудованием 90 кг, положением ЦТ корпуса по длине 1,5 м от транца, весом мотора 45 кг и весом запаса горючего вместе с баком 20 кг, составим таблицу значений D и X_g :

Случай нагрузки	D , кг	X_g , м
1 чел.	235	1,15
2 чел. (оба на носовых сиденьях)	315	1,25
3 чел. (один на кормовом диване)	395	1,15
4 чел.	475	1,10

Это дает возможность убедиться, что положение ЦТ при всех случаях нагрузки обеспечивает продольную устойчивость движения лодки (об этом мы говорили в первой части статьи).

Зададимся в первом приближении средним по величине значением качества $K \approx 5$. Тогда сопротивление собственно корпуса может быть определено по формуле

$$R_{кор} = \frac{D}{K}$$

Чтобы получить полное сопротивление

$$R = R_{кор} + R_{в.ч}$$

надо определить сопротивление выступающих частей, т. е. для мотора — сопротивление подводной части мотора. Это можно сделать по графику (рис. 20), задаваясь скоростью хода. Теперь, приняв значение пропульсивного к. п. д. движителя ($\eta = 0,6$), вычислим значение расчетной скорости в первом приближении

$$V = \frac{75\eta N}{R}$$

Зная V , для ряда значений ширины глиссирования B вычисляем соответствующие им значения C_B и m_Δ . Это дает возможность получить уточненные значения K по графикам (см. рис. 2—5 в предыдущем номере) для нескольких значений килеватости днища. Построив график изменения K для каждого угла килеватости в зависимости от ширины глиссирования, мы можем найти оптимальное значение B и соответствующее

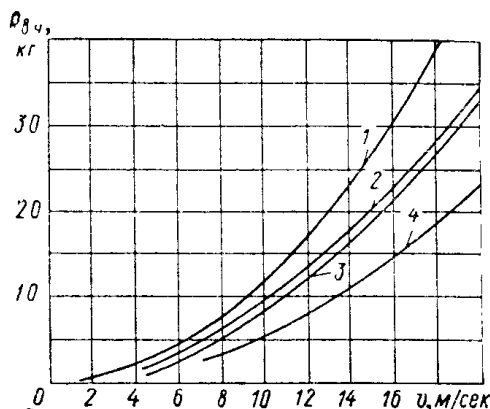


Рис. 20. Сопротивление подводных частей подвесных моторов.

1 — «Вихрь»; 2 — «Москва-25»; 3 — «Нептун»; 4 — «Москва» (10 л. с.).

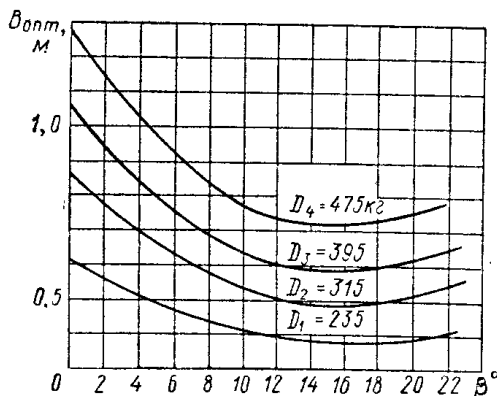


Рис. 21. Оптимальная ширина глиссирования для различных углов килеватости и случаев нагрузки проектируемой лодки.

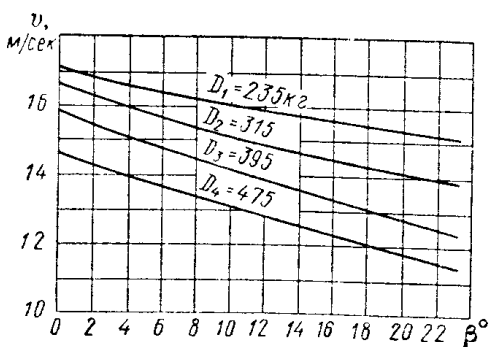


Рис. 22. Расчетная скорость проектируемой лодки при оптимальной ширине глиссирования для различных углов килеватости днища и случаев нагрузки.

ее значение K , которое должно использоваться при расчете во втором приближении.

Во втором приближении уточняются значения V и R . Расчеты повторяют до тех пор, пока значения расчетной скорости и ширины глиссирования будут достаточно близки-

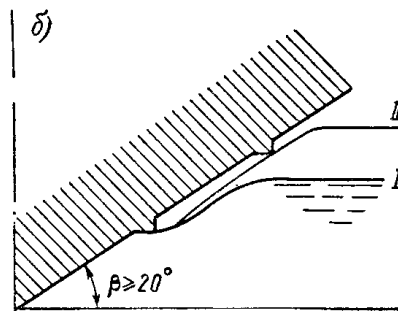
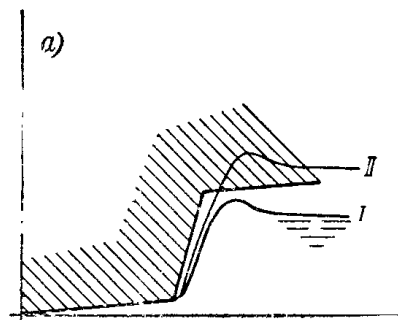


Рис. 23. Замывание днища при движении на волнении катера с реданованным днищем: а — малокилеватых; б — с глубоким V.

I — «уровень» на тихой воде; II — уровень воды при прохождении волны.

ми к значениям, полученным в предыдущем приближении. Подчеркнем, что оптимальную ширину желательно определять для всех случаев нагрузки. Результаты подобных расчетов для проектируемой лодки приведены на рис. 21 и 22. Но и этого еще недостаточно, чтобы окончательно выбрать ширину глиссирования: нужно еще проверить, как обеспечена начальная остойчивость лодки на ходу. Пользуясь графиком (см. рис. 11), выясняем, что остойчивость нашей лодки обеспечивается, хотя для случая минимального водоизмещения расчетная ширина близка к нижнему пределу. (Если бы B оказалась меньше предельного значения по рис. 11, было бы необходимо увеличить ее до предельно допустимой или принять меры для обеспечения начальной остойчивости лодки на ходу, о которых говорилось ранее.)

Однако можно с уверенностью сказать, что расчетные значения ширины меньше, чем этого требуют условия безопасной эксплуатации (остойчивости на стоянке и на ходу при больших кренящих моментах) и чем нужно для обеспечения удовлетворительных стартовых качеств.

Как уже говорилось, наилучшим решением является применение продольных реданов, эффективность работы которых во многом опреде-

ляется соответствием их элементов килеватости днища и другим параметрам (см. первую часть статьи). Продольные реданы позволяют получить минимальное сопротивление корпуса на расчетной скорости при удовлетворительном значении сопротивления на режиме разгона. Отметим, что при реданировании малокилеватого днища из-за увеличения высоты вертикальных стенок реданов, по сравнению с высотой реданов при повышенной килеватости, сопротивление на пониженных скоростях (при разгоне или для больших значений D) будет больше; в большей степени такие обводы подвержены и замыванию при движении на волнении (рис. 23).

Надо кроме того подчеркнуть, что при малых углах килеватости оптимальные ширины глиссирования значительно больше, а соответствующие им удельные динамические нагрузки меньше, чем для судов с большой килеватостью; это при движении даже на небольшой волне неизбежно вызывает значительные перегрузки, увеличение сопротивления и потери скорости. Только этим и можно объяснить, что в реальных условиях высокие расчетные значения скоростей малокилеватых катеров не достижимы. Испытания моделей показали, что прирост сопротивления на волнении высотой 120—150 мм (в пересчете для катера $D = 300 \div 500$ кг) составляет для малокилеватых катеров до 30%, а для катеров с обводами глубокого V — только 10%, т. е. втрое меньше.

Форма и размерения днища, выбранные для одного из случаев нагрузки, становятся далеко не оптимальными при всех других ее вариантах. Конструкторы судов с малокилеватым днищем чаще всего рассматривают только один случай нагрузки, по их предположениям — наиболее часто встречающийся в эксплуатации. Примерами судов, спроектированных подобным образом, могут являться спортивные лодки МС (см. проекты в № 18 и 31 сборника), обводы которых оптимальны для минимального водоизмещения и максимальных скоростей, или прогулочная лодка «Радуга» (см. № 40), предназначенная для умеренной нагрузки 1—2 человека. Да и при проектировании большинства серийных малокилеватых прогулочных лодок за расчетную нагрузку было принято максимальное водоизмещение; при этом оптимальная ширина малокилеватого днища получилась у них настолько большой, что необходимость установки продольных реданов исчезла, расчетная ширина глиссирования была задана шириной скулы. При всех остальных, кроме расчетного, случаях нагрузки скоростные качества таких

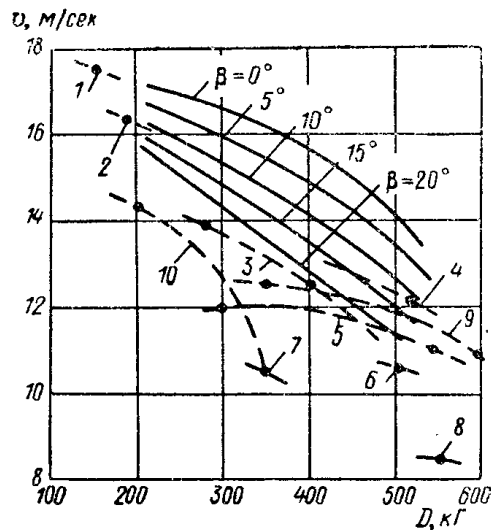


Рис. 24. Зависимость скорости от водоизмещения для ряда лодок с малокилеватым днищем ($N_{дв} = 20-25$ л. с.).

— расчетная скорость при оптимальной ширине глиссирования для углов килеватости $0^\circ-20^\circ$.

1—спортивная лодка SC конструкции Ю. Зинина (см. цветную вкладку в сб. «Катера и яхты» № 38); 2—спортивная лодка МС конструкции Ю. Зинина (см. «Катера и яхты» № 31); 3—«Кама»; 4—«Юг-2500»; 5—«Казанка-МД»; 6—«Казанка-2М»; 7—«Селлигер»; 8—«Арго»; 9—«Обь»; 10—«Радуга» (см. «Катера и яхты» № 40).

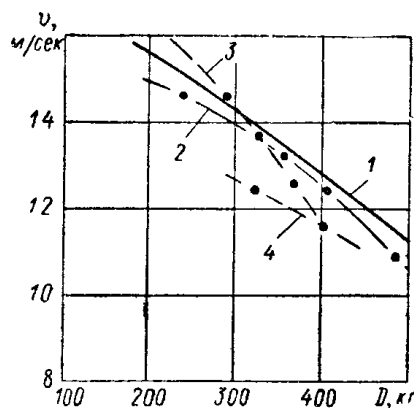


Рис. 25. Зависимость скорости от водоизмещения для лодок с обводами глубокого V и тримаранными при $\beta = 21^\circ$ ($N_{дв} = 20-25$ л. с.).

1—расчетная максимальная скорость проектируемой лодки при оптимальной ширине глиссирования (см. рис. 21); 2—фактическая скорость проектируемой лодки (по испытаниям натурного образца); 3—спортивная лодка (прототип лодки SC-72; см. «Катера и яхты» № 36); 4—тримаран «Тагуан» (см. «Катера и яхты» № 30).

лодок существенно ухудшаются (рис. 24).

В то же время для судов с повышенной килеватостью благодаря лишь небольшой дополнительной смоченной поверхности боковых граней сравнительно невысоких реданов, а также меньшему замыванию выше

расположенных участков днища становится возможным выбор элементов днища, близких к оптимальным уже для нескольких режимов движения; другими словами, катер с глубоким V можно спроектировать так, чтобы в сравнительно широком диапазоне нагрузок не происходило существенного ухудшения гидродинамических характеристик (рис. 25). Для этого на днище устанавливают несколько пар реданов с таким расчетом, чтобы расстояния между парными (симметричными) реданами были близки к оптимальным ширинам глиссирования для соответствующих режимов движения. При этом, естественно, надо учитывать, что реданы целесообразно максимально использовать в качестве продольных ребер жесткости — стрингеров; следовательно, выбор их положения должен быть увязан и с требованиями прочности и конструкцией корпуса.

С учетом результатов расчетов и высказанных выше положений принимаем для нашей лодки плоскокилеватые обводы со сравнительно большим углом килеватости днища в районе ЦТ (21°), постоянным на значительной части длины лодки и мало возрастающим в носу, с относительно полным носовыми образованиями. Реданы устанавливаем почти параллельно ДП на расстояниях от ДП, равных 270, 385 и 525 мм; это значит, что мы, грубо говоря, имеем три значения ширины глиссирования, оптимальной для трех разных случаев нагрузки и скорости хода (рис. 26).

Определяющими факторами при выборе ширины такой лодки по скуле чаще являются не ходовые качества лодки, а требования статической устойчивости и заданная схемой компоновки ширина полезной площади кокпита. Иногда при согласовании различных требований на этой стадии проектирования лодки приходится пересматривать схему общего расположения с тем расчетом, чтобы с наибольшей выгодой использовать увеличенную ширину лодки.

Зная ширину по скуле на миделе, можно найти и длину лодки по скуле, а исходя из этого размера, и габаритную длину лодки. Важно при этом помнить, что чем острее носовые ветви ватерлиний, тем мягче ход на волнении, но в то же время хуже всхожесть на волну. Обычно для малых лодок и катеров угол заострения скулы принимают в пределах $35^\circ-45^\circ$.

В большинстве случаев определенная таким образом длина лодки оказывается вполне достаточной и по требованиям гидродинамики. Необходимая смоченная длина днища на режиме глиссирования обычно составляет $L_{см} = 1,5 \div 2X_g$ (для на-

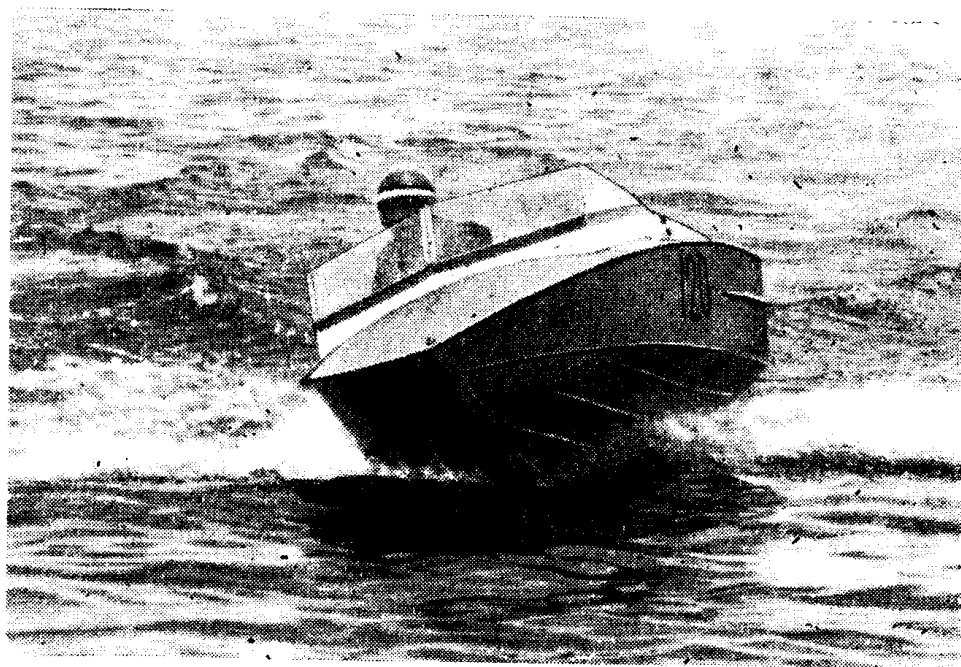
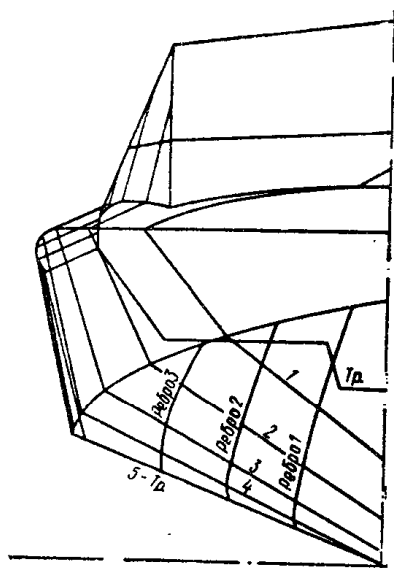
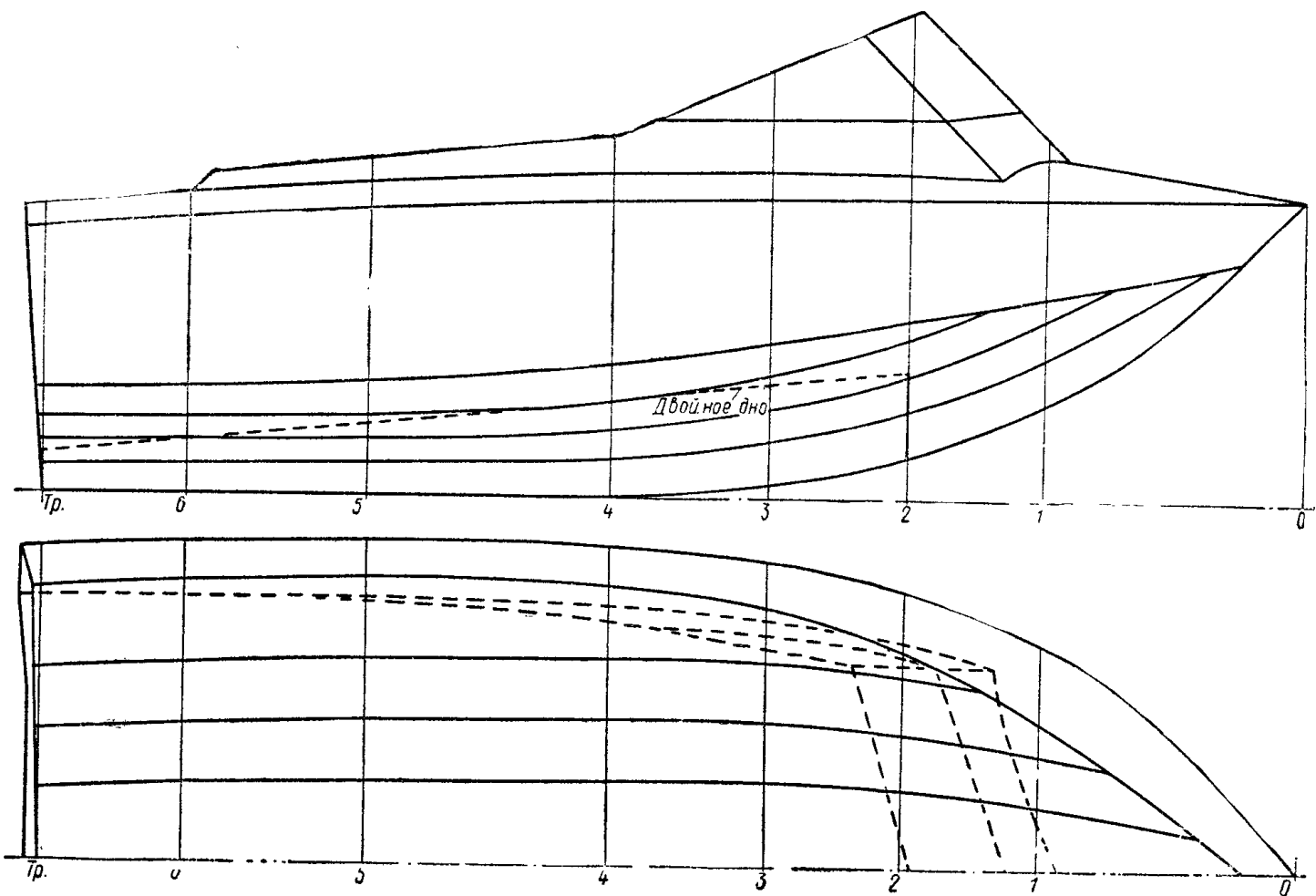


Рис. 26. Окончательный вариант теоретического чертежа проектируемой лодки.
Килеватость в районе шп. 5 — транец равна 21° . Длина 3,2 м; ширина 1,6 м.

Рис. 27. Экспериментальная лодка, построенная Конструкторским бюро Ленинградского опытно-экспериментального завода ДОСААФ («проектируемая лодка» в нашем примере).
Рассчитана на установку подвесного мотора мощностью 20–30 л. с. Максимальная скорость 50 км/час.



Рис. 28. Спортивная мотор-лодка (типа «SC-72», опущанной в № 86 сборника).

шего случая $L_{см} = 2,2$ м — заведомо меньше длины по скуле).

Безусловно, выбором гидродинамических элементов днища проектирование лодки не заканчивается, но дальнейшее его рассмотрение выходит за рамки данной статьи. Отметим лишь, что подобная лодка с обводами глубокого V спроектирована и построена Конструкторским бюро Ленинградского опытно-экспериментального завода ДОСААФ. Испытания лодки показали вполне удовлетворительное совпадение проектных



за рубежом

СНОВА ПО ВОДЕ НА

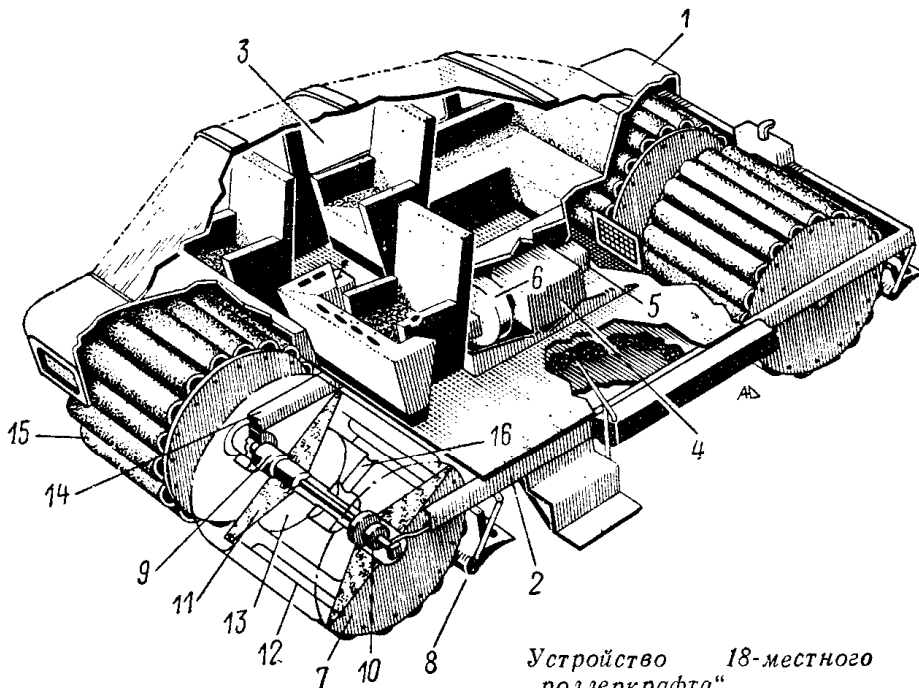
К. С. Константинов

Казалось бы, навсегда канули в историю времена колесных судов, однако опубликованная в февральском номере журнала «Motor Boat and Yachting» статья магистра Керси из Брайтонского политехнического института наводит на мысль о том, что такие времена могут наступить снова. Под руководством Керси и при финансовой поддержке научно-исследовательского совета этого института проведены проектные ра-

боты и испытания нового амфибийного транспортного средства, которое получило название «роллеркрафт».

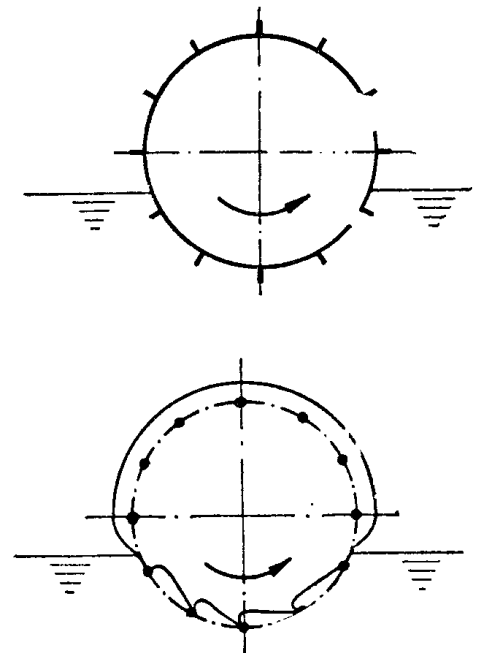
По утверждению автора проекта, роллеркрафт способен, опираясь на гибкие роторы-колеса, мчаться по воде или по суше со скоростью 150 км/час и выше. Что это — очередной «прожект» или реальный шаг на пути повышения скорости передвижения?

Можно предположить, что роллеркрафт показан в момент выхода на сушу: давление внутри колес-роторов увеличено, участки рабочей поверхности между стяжками становятся выпуклыми.



Устройство 18-местного «роллеркрафта».

1—стеклопластиковый корпус; 2—несущая рама; 3—салон; 4—двигатель; 5—насос гидравлической передачи; 6—компрессор; 7—торцевой диск ротора; 8—подводное крыло за ротором; 9—полый вал ротора, опирающийся на цапфы несущей рамы 2; 10—гидродвигатель с передачей вращения на вал 9; 11—плавающая накладка на торцевой диск; 12—поперечная стяжка; 13—постоянно наполненная воздухом емкость плавучести внутри ротора; 14—центральная балка рамы с каналом подачи воздуха от компрессора внутрь ротора; 15—тканевая обшивка роторов; 16—труба подачи воздуха к периферийной полости внутри ротора (между емкостью 13 и обшивкой 15).



Схемы — разрезы обычного гребного колеса и «гибкого» ротора роллеркрафта.