

**Л.В. Андрианов, М.Л. Мухина**  
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ СПК НА БАЗЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ**  
**СХЕМ, РАЗРАБОТАННЫХ Р.Е. АЛЕКСЕЕВЫМ И ЕГО ШКОЛОЙ**  
**ГИДРОДИНАМИКИ – ОПТИМАЛЬНЫЙ ПУТЬ**  
**К ВОССТАНОВЛЕНИЮ РОССИЙСКОГО СКОРОСТНОГО ФЛОТА**

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева*

Оптимальным по времени и затратам направлением работ по возобновлению строительства в России судов на подводных крыльях (СПК) является разработка *новых* СПК на базе гидродинамических схем таких судов, разработанных и испытанных д.т.н., лауреатом государственной и ленинской премий Р.Е. Алексеевым и созданной им Нижегородской школы исследований и конструирования в области скоростного судостроения. Речь идет о моделировании в формате теории динамического подобия двух гидродинамических систем. Публикуется разработанный авторами статистический график, устанавливающий зависимость между пассажироместимостью и массовым водоизмещением СПК, позволяющим подобрать наиболее удачный его «гидродинамический прототип» – реальное СПК, гидродинамический комплекс которого послужит базовой моделью для аналогичного комплекса проектируемого объекта.

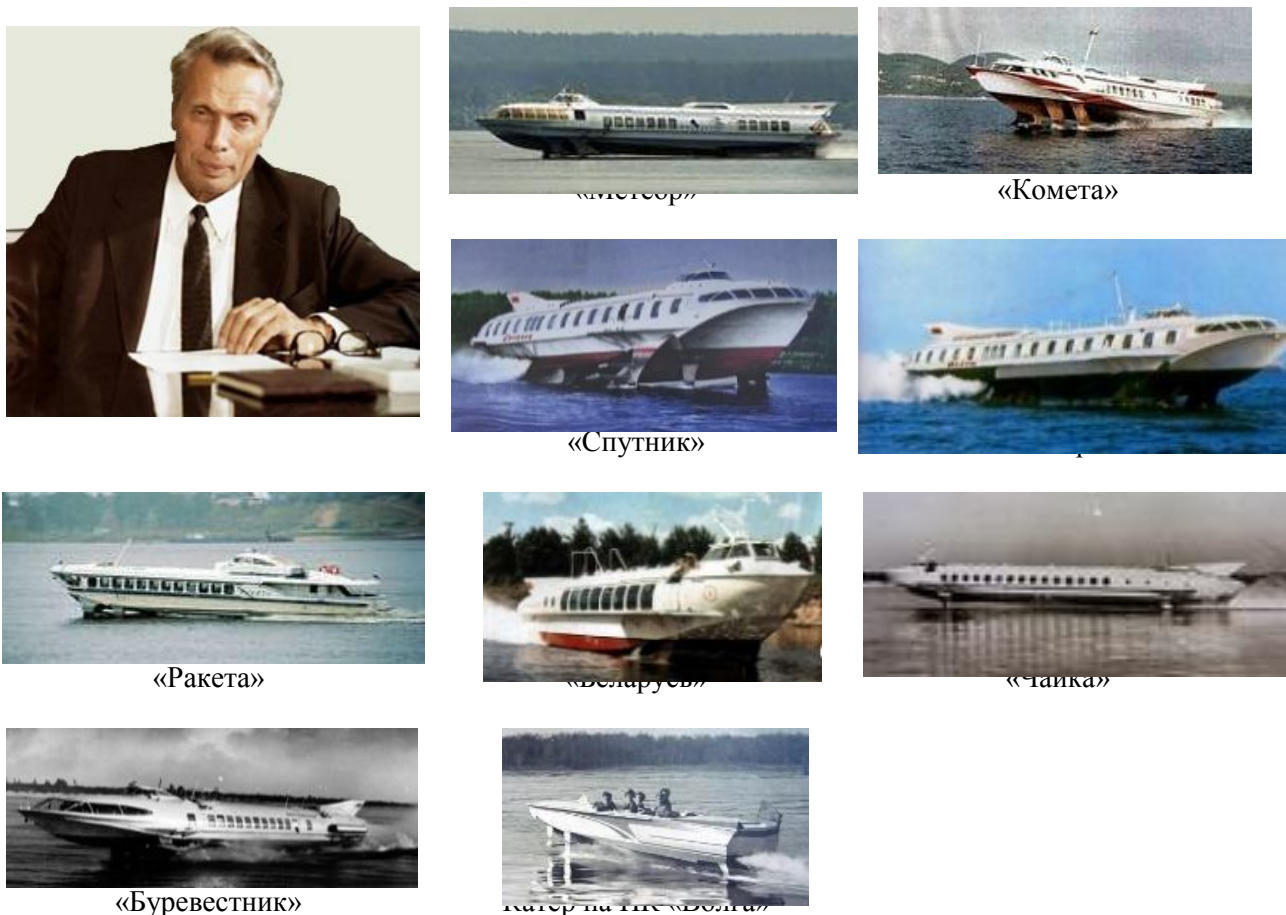
**Ключевые слова:** *скоростной флот, СПК Р.Е. Алексеева, система транспортных пассажирских перевозок, схема гидродинамической компоновки СПК, СПК гидродинамической схемы «тандем», гидродинамический прототип, гидродинамическое копирование.*

***К столетию со дня рождения Р.Е. Алексеева***

Начиная с августа 1957 г., в СССР надежно функционировала и успешно развивалась система скоростных линейных пассажирских перевозок на СПК. Эта новая транспортная система стала национальным брендом страны. По численности одновременно задействованных в навигацию судов и масштабам перевозок пассажиров (пасс.-км.) у нее не было аналогов в мире. Базовый элемент этой системы – ее скоростной флот был представлен, практически в полном составе, судами, разработанными Р.Е. Алексеевым вместе с организованным им конструкторским коллективом, носящим теперь имя своего первого главного конструктора (ЦКБ по СПК им. Р.Е. Алексеева) (рис. 1). Диаграммы развития этого флота и масштабов его пассажирских перевозок, относящиеся к середине 1960-х годов [1], дополнены нами информационным материалом, охватывающим более поздний период времени, вплоть до начала перестройки [2].

Ежегодно в течении более тридцати лет от ледохода до ледостава СПК перевозили пассажиров со скоростями, равными средней рейсовой скорости междугородных автобусов. Старались тщательно соблюдать расписание и не допускать отмены рейсов. Таковые случались только в форс-мажорных ситуациях, например, на стоянке в порту заставал внезапный снегопад.

У авторов данной статьи жизнь сложились так, что и служебно-профессиональные, и частные, в первую очередь – «дачные» аспекты их биографии оказались тесно переплетёнными с более чем тридцатилетней историей СПК Р.Е. Алексеева. Не останавливаясь на подробностях этого опыта, мы сочли возможным утверждать, что эти суда пользовались огромной популярностью у населения Приволжского региона. С особой теплотой пассажиры-нижегородцы тех лет вспоминают и благодарят речников за организацию так называемых «дополнительных» рейсов по вечерам выходных и праздничных дней. Эта инициатива Горьковского порта была особенно важна с точки зрения устранения негативных явлений, связанных с последующей тотальной автомобилизацией.



**Рис. 1. Типы СПК, непосредственно разработанные Р.Е. Алексеевым и его школой гидродинамики**

В целом СПК, найдя свою нишу в транспортной системе государства, заметно улучшали качество жизни определенного, достаточно многочисленного социума. Речь идет о людях, живущих в прибрежных районах больших рек, озер, водохранилищ и морей великой страны. У них имелся дополнительный вариант для выбора вида транспорта, который был особенно «по душе». В контексте данной работы будет интересно заметить, что в условиях доперестроечной экономики с ее регулируемым государством ценами на топливо, пассажирские перевозки обычным, водоизмещающим водным транспортом дотировались государством. А вот перевозки на СПК не только были рентабельными, но и приносили доход [1]. В начале 1990-х, в годы перехода страны к рыночной экономике, сложилась практика, когда линии эксплуатации СПК чаще всего дублировали наземные маршруты междугородных автобусов. В результате оказалось, что они не выдерживают конкуренции из-за гораздо большей стоимости проезда. «Шоковая терапия» с присущими ей свободными ценами на топливо, отменой федеральных дотаций и общим падением платежеспособности населения, вызвала стихийный уход СПК с рынка транспортных услуг. Тогдашние управленцы, не имеющие никакого опыта работы в рыночных условиях, не находя иных путей выхода из сложившейся ситуации, приступили к списанию и продаже скоростного флота. Где-то этот процесс произошел сразу, в начале реформ, например, Московское пароходство уже в навигацию 1991 г. прекратило движение «Ракет» по р. Оке на плесах около Нижнего Новгорода. Где-то эксплуатацию СПК поддерживали еще в течении нескольких лет дотации, выделяемые на региональном уровне. Так, только навигация 2005 г.

стала последней для единственного, оставшегося «в строю» СПК «Восход-24» на родине этих судов.

В навигацию 2010 г. единственным портом на Волге, сохранившим скоростные линейные пассажирские перевозки была Казань. Четыре «Метеора» и два «Восхода» по несколько раз в день ходили в Тетюши, Печищи и в Болгары (АО «СК «Татфлот» <http://sktatflot.ru/services/passengers/>). Но в конце августа 2015 г. авторы смогли воочию убедиться, два «Метеора» оказались в ремонте, а из «Восходов» работал только один. Наибольшая по численности группировка оставшихся в работе отечественных СПК оказалась сосредоточенной в Санкт-Петербурге [3]. Их эксплуатация служит удачным примером использования полезной функции СПК. Несмотря на то, что эксплуатация этой группы СПК относится больше к экскурсионному бизнесу, а не к пассажирским перевозкам, эта деятельность питерских СПК полностью отвечает ведущей концепции данной статьи, направленной на сохранение и дальнейшее развитие СПК.

В заключение этого краткого обзора, касающегося современного состояния скоростных пассажирских перевозок на СПК Р.Е. Алексеева, заметим, что еще одним местом в России, где эти суда были сохранены и активно использовались вплоть до последнего времени, был бассейн пограничной р. Амур (ОАО «Амурское пароходство»). Коммерческому успеху дела способствовало участие в нем китайской стороны. Китай, как известно, был наиболее активным покупателем нашего скоростного флота. Сегодня, в год большого юбилея создателя отечественного скоростного флота, приходится с горечью констатировать, что его СПК находятся на пороге своего окончательного ухода в историю техники. Горечь от такого явления объясняется не просто потерей техники, сделавшей в свое время по выражению тогдашних СМИ «революцию на водном транспорте». Драма состоит не просто в уходе отслужившей свой срок техники, а в том, что экономический коллапс 90-х гг., ставший причиной деградации беспрецедентной для мира транспортной системы, сказался на техническом рейтинге СПК, стал причиной сомнений в необходимости продолжения существования СПК, как транспортных машин. Поверхностный анализ сложившейся ситуации дал повод для необоснованных выводов о том, что СПК не только физически (это может относиться уже к очень небольшому числу остающихся до сих пор «в строю» судов), но, и самое главное – морально устарели!

Этот вывод публикуют, в основном через Интернет, те, кто в той или иной степени заинтересован в лоббировании тех или иных транспортных машин, позиционирующихся в качестве «идущих на смену» СПК. При этом как-то игнорируется тот факт, что новые и новейшие технологии, предназначенные для их современных «продвинутых» объектов, могут быть с таким же успехом применены для дальнейшего совершенствования СПК. В публикациях таких «лоббистов от техники» зачастую проявляются настроения приуменьшить ту подвижническую роль, которая принадлежит Р.Е. Алексееву и его СПК в мировом судостроении. Да, на судах Алексеева в отсутствие какой-либо другой альтернативы устанавливались разработанные еще в 1930-х гг. модели танковых дизелей. Кроме повышенного уже по тем временам удельного расхода топлива, работа этих двигателей на СПК сопровождалась повышенными вибрацией и шумностью. На тяжелых танках вибрация демпфировалась массой объекта, а повышенный шум подавлялся спецсредствами для экипажа. Отсутствие того и другого фактора на СПК заметно осложняло потребительские качества. Еще одним обстоятельством того же толка являлось отсутствие на СПК того поколения систем искусственного климата. Во времена Р.Е. Алексеева применение этих систем было ограниченным из-за большой массы соответствующих установок.

В течении 2005-2010 гг., когда в стране уже резко упал интерес к СПК со стороны специалистов по гидродинамике и проектированию скоростных судов, авторы данной статьи в сугубо инициативном порядке предприняли исследование транспортной эффективности СПК. Было установлено, что даже оборудованные не самым подходящими для них дизелями

(см. выше), СПК Алексеева, по понятным причинам уступая экономически автобусам, являются наиболее *гидродинамически* совершенными среди других СДПП, предназначенных для пассажирских перевозок. Превосходство в гидродинамике обеспечивало им достижения больших скоростей при приемлемых удельных расходах топлива. В целом это свидетельствовало о высокой транспортной эффективности [2,4] и безальтернативности тезиса о необходимости продолжения развития СПК.

В 2011 г. стало понятно, что первоочередную и важнейшую задачу проектирования СПК – задачу выбора, структуризации и экспериментальной проверки работоспособности «Схемы гидродинамической компоновки» проектируемого СПК придется решать новому поколению инженеров-гидродинамиков. А условия для проведения указанных работ весьма осложнились: в безвременье 1990-х ЦКБ по СПК утратило право собственности на созданные Р.Е. Алексеевым лаборатории с входящими в их состав аква-полигонами и инфраструктурой для проведения испытаний на открытой воде, гарантирующих, как показала история, успех дела. С учетом этого было сформулировано предложение о проектировании *новых* СПК на базе уже разработанных и испытанных в натуральных условиях гидродинамических схем судов [5]. Предлагаемый метод очень напоминает хорошо известный в теории проектирования судов – метод их проектирования «по прототипу» [6,7], но имеет принципиальные отличия. Основное из них состоит в том, что объектом-прототипом служит не корпус, а испытанные и успешно себя зарекомендовавшие схемы гидродинамических компоновок (гидродинамические схемы) известных СПК. Гидродинамический комплекс (ГДК) СПК – специфический, присущий только этому типу судов, важный узловый элемент компоновки судна как подвижной механической системы. С разработки, структуризации и построения схемы ГДК начинается проектирование СПК. Важнейшей функцией ГДК является обеспечение устойчивости СПК в основном режиме движения. Проблема устойчивости СПК напрямую связана с выбором типа *несущей системы*, являющейся главным структурообразующим элементом ГДК.

Как известно, первые изобретатели СПК – итальянские авиаторы при решении проблемы устойчивости не стали делать свои катера гидродинамическими копиями современных им самолетов-аэропланов. Отказавшись от применения на СПК механизированных способов обеспечения равновесия и устойчивости полета самолетов (рулей, закрылков, элеронов и т.п.), итальянцы нашли гениально простое решение проблемы, применив, во-первых, несущую систему «тандем»; во-вторых, установив крылья с изменяемой «смоченной» площадью. Эта находка позволила Г. ф. Шертелю в 1930-40-х гг. создать «европейскую» школу проектирования СПК. Не менее гениальным является способ обеспечения устойчивости движения СПК схемы «тандем», основанный на использовании гидродинамического феномена, известного как «эффект Алексеева». Его использование на практике выдвинуло отечественную школу проектирования СПК на ведущие позиции в мире.

В середине XX столетия уровень технических достижений в авиации и, в частности, в авионике достиг столь высокого уровня совершенства и надежности, что постоянно зревшая мысль о создании СПК, стабилизация движения которого осуществлялась бы по законам и средствами динамики полета. Была реализована в США «американская» школа, давшая миру несколько весьма интересных, но сложных и дорогих СПК на глубокопогруженных подводных крыльях, эксплуатация которых невозможна без применения системы автоматизированного управления подводными крыльями. Разработка новой гидродинамической схемы СПК – достаточно сложный технический и наукоёмкий процесс. По опыту ЦКБ по СПК на синтез схемы и ее доводку уходило несколько лет работ коллектива специалистов-гидродинамиков. Концепция проектировать и строить новые СПК на базе уже испытанных схем, безусловно, несет в себе позитивное начало. Но, какому из трех направлений отдать предпочтение при выборе базовых схем? Не исключено, что

внимание нового поколения инженеров-гидродинамиков будет сосредоточено на объектах, характеризующихся максимальным применением IT- и авиационно-космических технологий, насыщенностью электроникой и авионикой.

Анализируя ситуацию, авторы в своей работе пришли к следующим выводам, получившим положительную рецензию в ЦКБ по СПК им. Р.Е. Алексева.

Во-первых, в обозримом будущем в нашей стране останется безальтернативным применение для СПК схемы «тандем». Обладая способностью самостабилизации, СПК этого типа имеют наиболее простую, рациональную конструкцию, относительно меньшую массу, более просты и удобны в эксплуатации, чем СПК, имеющие схему «самолетная» или «утка».

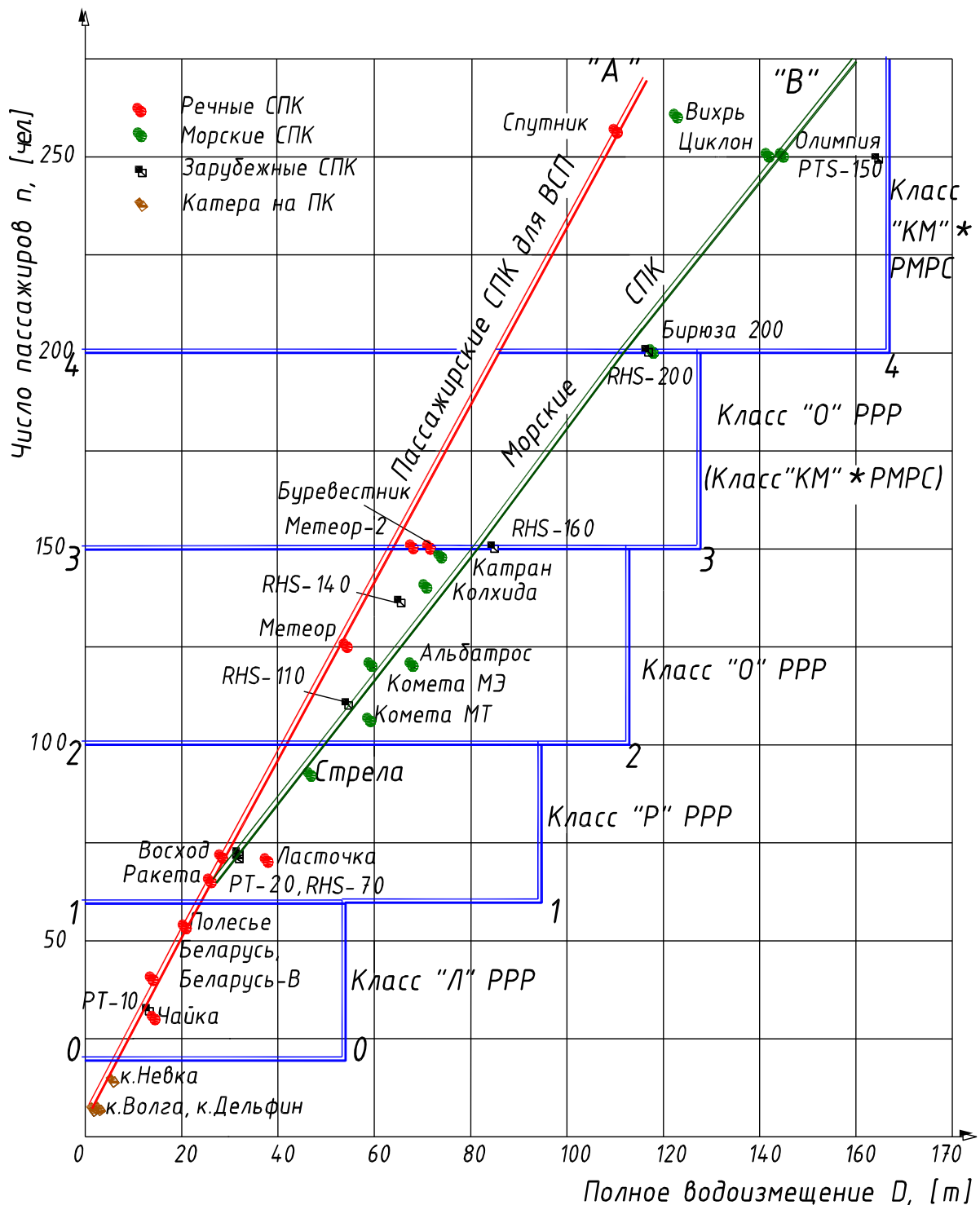
Во-вторых, как известно, СПК с системой «тандем» берут свое начало от судов Г. ф. Шертеля («европейская школа») и от судов Р.Е. Алексева. Авторы публикации собрали необходимую информацию об основных технико-эксплуатационных характеристиках практически всех пассажирских СПК, построенных в СССР, а также зарубежных СПК серий «РТ» и «RHS». В подавляющем большинстве это реальные суда, выполнявшие линейные пассажирские перевозки.

На основе полученных данных были построены достаточно характерные графики, устанавливающие статистические зависимости между пассажироместимостью и массовым водоизмещением СПК с несущей системой «тандем» (рис. 2). Обработка статистических данных позволила также провести на графике границы областей, соответствующих тому или иному уровню мореходности каждого из представленного парка судов. Расположение статистических точек на графике позволяет провести на нем несколько прямых-горизонталей, разделяющих график на условные уровни мореходности. Обработка статистических данных позволила также провести на графике границы областей, соответствующих тому или иному уровню мореходности каждого из представленного парка судов. В подавляющем большинстве СПК, расположенные на линии «А» – это СПК первого поколения. Автором их является непосредственно Р.Е. Алексеев. Они характеризуются наибольшими из достигнутыми СПК величинами гидродинамического качества ( $K=14\div 15$ ) и, соответственно, высокими значениями пропульсивного качества ( $K \cdot \eta_p=6,6\div 7,8$ ). Луч «А» – граница гидродинамического и, соответственно, транспортного совершенства пассажирских СПК, разработанных по технологиям, относящимся ко второй половине двадцатого века.

«Выход в море» потребовал от гидродинамиков внести существенные изменения в концепцию поперечной формы в первую очередь, носовых крыльев. Усложнение конструкции крыльевых устройств не могло, не проявится в некотором ухудшении гидродинамических качеств морских СПК. Неизбежным было увеличение массы конструкции корпуса. Это вызвало отклонение вправо на графике (прямая «А»). Анализ расположения статистических точек на графике позволяет провести на нем несколько прямых-горизонталей, разделяющих график на пять условных уровня мореходности, характеризующихся по возрастанию.

*Уровень мореходности 0–1.* Это область, в которой находятся СПК, имеющие класс «Л» РРР. Они предназначены для эксплуатации на ВСП: верховья больших рек, боковые и малые реки, некоторые каналы. Рекомендуемый гидродинамический прототип – СПК «Полесье» пр.17091 [8].

*Уровень мореходности 1–2.* Здесь находятся СПК, имеющие класс «Р» РРР: магистральные реки (за исключением водохранилищ), крупные незарегулированные реки. Рекомендуемый гидродинамический прототип – СПК «Восход» [8].



**Рис. 2. Статистические зависимости пассажировместимости от полного водоизмещения отечественных и европейских СПК**

Уровень мореходности 2–3. ВСР класс «О» РРР: магистральные реки с крупными водохранилищами, низовья крупных озер, морские прибрежные линии с удалением от порта-убежища не более 50 миль (класс «КМ» [2] ★ РМРС). Рекомендуемый гидродинамический прототип – т/х «Комета» [9].

Уровень мореходности 3–4. ВСР класса «М» РРР: крупные глубоководные озера, устья больших рек с выходом на морские рейды, морские прибрежные линии с удалением от

порта-убежища не более 50 миль (класс «КМ» [2]★РМРС). Рекомендуемый гидродинамический прототип – т/х «Колхида» [9].

*Уровень мореходности 4–5.* Здесь находится единичное число морских СПК сравнительно высокой, но, все-таки ограниченной мореходности. Разрешенное удаление от берега – не более 100 миль. В качестве гидродинамического прототипа можно рекомендовать даже не одно, а два судна. Это т/х «Циклон» и т/х «Олимпия». Несмотря на серьезные различия в общем расположении и архитектуре, их гидродинамические схемы являются однотипными. Эти суда имеют класс «КМ» [2]★РМРС [9].

И, наконец, выше линии 5–5 находится область, где смогут найти свое место морские СПК неограниченного района плавания. Пассажирских СПК (с фиксированными крыльями), соответствующих этой нише на диаграмме, в настоящее время еще не существует. Тем не менее, предлагаемая в данной работе концепция, опирающаяся на использование гидродинамических схем СПК-прототипов, может оказаться полезной и в этом случае. Гидродинамические схемы «Олимпии» или «Циклона» могут быть с увеличением по законам динамического подобия перенесены на более крупные суда даже океанского плавания.

Анализ полученных материалов показывает, что суда Р.Е. Алексеева и его учеников располагаются на общей линии, являющейся верхней границей гидродинамического совершенства СПК, разработанных по технологиям второй половины двадцатого века. Максимально достигнутые на них значения пропульсивного гидродинамического качества ( $K\eta_p=6,6\div 7,8$ ) обеспечивают этим судам максимальные значения коэффициента утилизации водоизмещения по полезной нагрузке и оптимальные расходы топлива.

График позволяет проектантам, имеющим в техническом задании данные по пассажироместности и району эксплуатации будущего судна, подобрать наиболее удачный его «гидродинамический прототип» – реальное СПК, гидродинамический комплекс которого послужит базовой моделью для аналогичного комплекса проектируемого объекта.

В заключение заметим, что идея создания новых СПК на базе известных гидродинамических схем не является новой. В годы «простоя» энтузиасты скоростного судостроения, используя этот подход, представляли интересные проекты новых судов.

Данная работа имеет целью привлечь внимание специалистов к проведенному в нашем исследовании анализу следующего аспекта практического применения метода гидродинамического копирования.

### ***Библиографической список***

1. **Зайцев, Н.А.** Отечественные суда на подводных крыльях [Текст] / Н.А. Зайцев, А.И. Маскалик. – Л.: Судостроение, 1964.
2. **Андрианов, Л.В.** Суда на подводных крыльях на переломном этапе своей истории [Текст] / Л.В. Андрианов, М.Л. Мухина // Морской вестник. 2013. № 4(48). С. 40-44.
3. **Любимов, В.И.** «Мы не плаваем, мы летаем!» – девиз компании Элиен / В.И. Любимов, А.А. Гаккель, В.И. Барышев. - Н. Новгород: ООО «Типография «Поволжье», 2007. – 68 с.
4. **Мухина, М.Л.** Денонсация оценок или ниша для крылатых судов [Текст] / М.Л. Мухина, В.А. Мухин // Мир транспорта. 2008. С. 66-73.
5. **Мухина, М.Л.** Выбор и аналитическая оценка гидродинамической схемы судна на подводных крыльях на ранних стадиях проектирования [Текст] / М.Л. Мухина. – автореферат дисс. канд. тех. наук – Н. Новгород: НГТУ, 2011, С.18.
6. **Ногид, Л.М.** Теория проектирования судов [Текст]/ Л.М. Ногид – Л.: Судпромгиз, 1955.
7. **Ашик, В.В.** Проектирование судов [Текст]/ В.В. Ашик – Л.: Судостроение, 1985.
8. **Российский Речной Регистр.** Правила классификации и постройки речных судов [Текст]. – М.: По Волге, 2008.
9. **Российский Морской Регистр Судостроения.** Правила классификации и постройки высокоскоростных судов [Текст]. – С-Пб., 2013: Морской Регистр.

