

УДК 629.12

В.П. Лобастов

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ СМЕШАННОГО (РЕКА-МОРЕ) СООБЩЕНИЯ

ФГУ «Российский Речной Регистр»

Рассматриваются перспективные решения, позволяющие улучшить позиции отечественных судовладельцев на рынке смешанных (река-море) перевозок в виде совершенствования конструкций судов смешанного плавания (ССП) на базе инновационных решений; создания прогрессивной транспортно-технологической системы на основе использования толкаемых составов смешанного плавания (ТССП).

*Ключевые слова:* судовладелец, смешанные перевозки, конструкция судов, транспортно-технологическая система, толкаемые составы.

Водный транспорт России исторически занимал одно из ведущих мест в обслуживании крупных промышленных центров страны.

Строительство гидроузлов на Волге, Каме, Дону и судоходных каналов: Беломорского, Волго-Донского, Волго-Балтийского – обусловило необходимость создания большегрузных грузовых судов для смешанных (река-море) перевозок, без перевалки грузов в устьевых портах.

Благодаря своим преимуществам суда смешанного и ограниченного района плавания (СОРП) дедвейтом менее 5000 т составляют сегодня существенную часть мирового торгового флота. Доля от общего числа судов для танкеров – около 45%, для сухогрузов – около 67%. Как правило, эти суда имеют ограничения по районам и сезонам плавания, удаленности от места убежища, условиям волнения и ветра. [1]

При реализации данных ограничений поиск технических решений, позволяющих существенно снизить затраты на строительство судов и их эксплуатацию, является одним из главных путей завоевания рынка, а в нынешних условиях – его удержания.

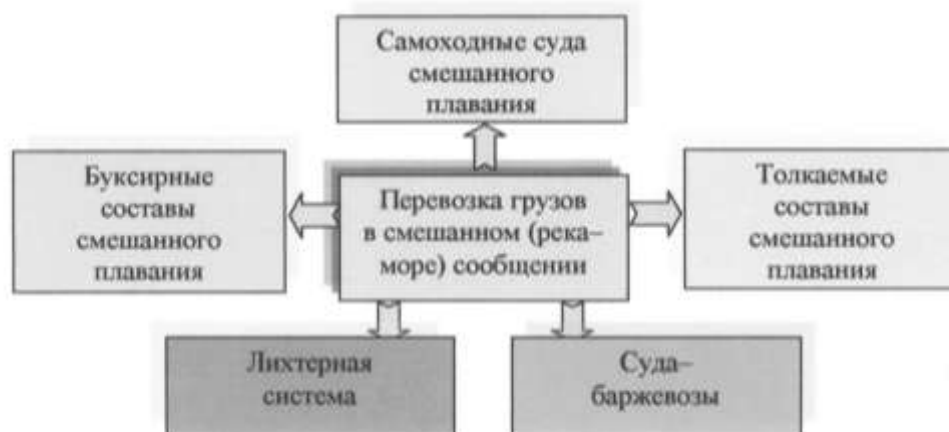
К таким перспективным решениям, позволяющим не только сохранить позиции отечественных судовладельцев на рынке смешанных (река-море) перевозок, но и существенно их улучшить, прежде всего относятся:

- совершенствование конструкций судов смешанного плавания (ССП) на базе инновационных решений;
- создание прогрессивной транспортно-технологической системы на основе использования толкаемых составов смешанного плавания (ТССП).

**1. Современное состояние.** Варианты транспортных систем для перевозки грузов в смешанном «река-море» сообщении, используемые в мировой практике, представлены на рис. 1.

Каждая из этих систем имеет свои преимущества и недостатки и при определенных условиях эксплуатации может оказаться наиболее эффективной. В то же время, по результатам многочисленных технико-экономических обоснований в целом ряде стран, приоритетное направление отдано самоходным судам и толкаемым или буксируемым составам.

При их проектировании прорабатывается и исследуется весь комплекс вопросов и характеристик, свойственных речным и морским судам. Поэтому создание судов смешанного плавания является сложной инженерной задачей, учитывающей трудности совмещения в одном судне разнообразных и часто противоречивых требований, требующих принятий компромиссных решений по целому ряду вопросов.



**Рис. 1. Варианты транспортных систем для перевозки грузов в смешанном (река-море) сообщении**

Для самоходных судов ССП это нашло свое отражение в формировании отечественной школы проектирования, строительства и эксплуатации судов, включающей научно-технический потенциал (НИИ, КБ и академическую науку), организационно-правовые нормы (кодекс КВВТ), нормативную базу (Правила РРР), целый комплекс требований контроля со стороны государства за соблюдением стандартов безопасности и др.

В то же время для ТССП целый комплекс вопросов по анализу экспериментальных исследований основ проектирования, выбору типа цепного устройства и разработке теоретических и методических основ проектирования остается несистематизированным и научно не обобщенным.

В настоящее время на кафедре «Кораблестроение и авиационная техника» НГТУ им. Р.Е. Алексеева завершается работа над монографией «Проектирование толкаемых составов смешанного (река-море) плавания» (автор – к.т.н, доцент В.П. Лобастов, рецензент – д.т.н., профессор В.А. Зуев), которая, по мнению автора, позволяет научно-технической общественности профессионально ознакомиться со всеми специальными вопросами проектирования ТССП.

## **2. Проектирование толкаемых составов смешанного (река-море) плавания.**

В монографии основным средством формирования нормативных материалов и практических рекомендаций по проектированию являются экспериментальные исследования, проведенные при непосредственном участии автора совместно с сотрудниками ОАО КБ «Вымпел», ВГАВТа, НГАВТа, ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.П. Крылова».

Практическая ценность модельных испытаний заключается в возможности переноса полученных при испытании данных на натурный объект, при соблюдении геометрического, кинематического и динамического подобия модели и натурального судна.

Экспериментальные исследования качки, волновых нагрузок и мореходности двухсекционного состава показали, что поведение секций на волнении, его мореходные качества и ходкость, а также усилия в корпусе и сцепе определяются целым рядом гидродинамических и конструктивных особенностей. К числу наиболее важных следует отнести следующие: тип цепного устройства, главные размерения и их соотношение, положение цепного устройства по длине состава, конструктивный тип кормовой оконечности грузовой секции и др. Учет этих факторов дает возможность при проектировании ТССП за счет конструктивных мероприятий добиваться существенного улучшения их мореходных качеств и эффективности.

**Проектирование как процесс.** При наличии отмеченных факторов процесс проектирования толкаемых составов смешанного (река-море) плавания, как и обычных судов, развивается путем последовательного уточнения параметров в виде спирали проектирования (рис. 2).

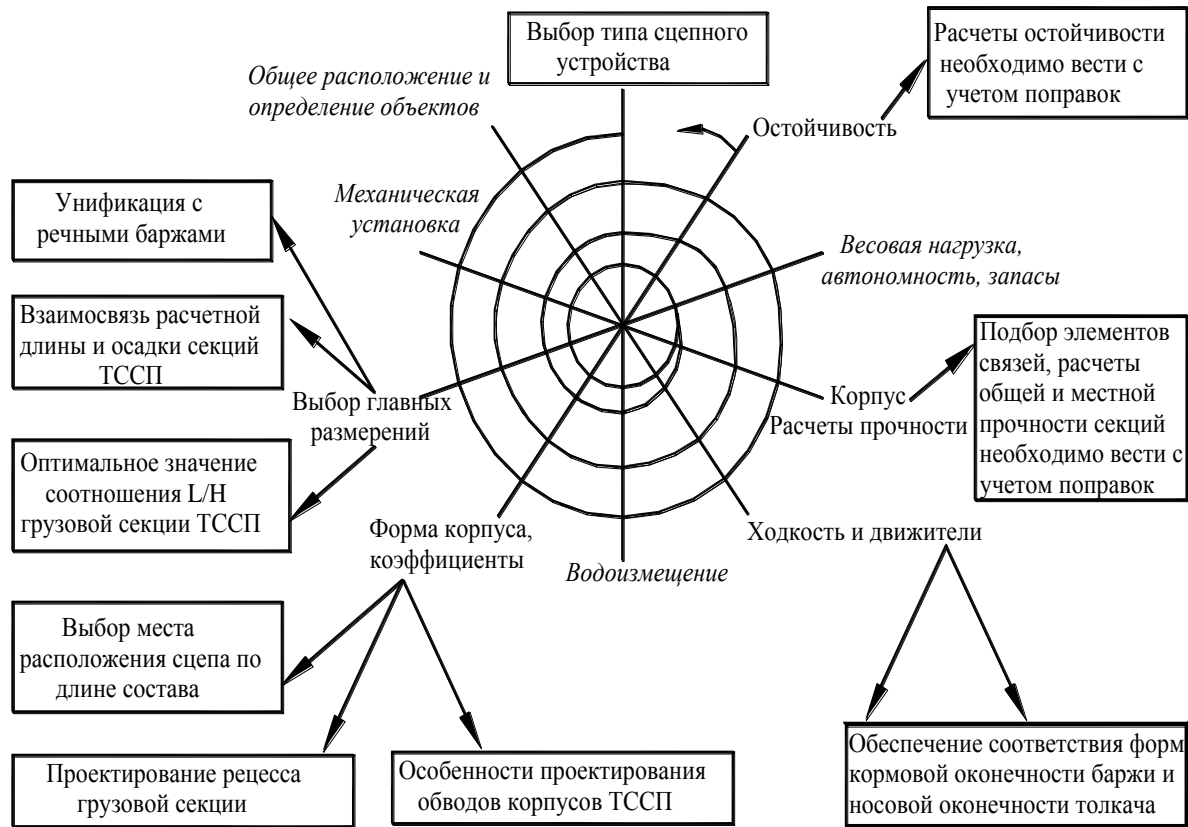


Рис. 2. Спираль проектирования ТССП

Однако формируется эта спираль последовательности проектирования с определенными особенностями:

1. Процесс проектирования рационально начинать с выбора типа сцепного устройства состава. Определяющим является количество степеней свободы относительных перемещений секций, предоставляемых сцепным устройством.

Все сцепные устройства, в зависимости от того, какой тип соединения образуют, можно разделить на три основные группы. За основу такого разделения сцепных устройств на группы принято количество степеней свободы, которое они (сцепные устройства) обеспечивают при соединении: жесткое, ограниченно-подвижное, подвижное.

Схема классификации сцепных устройств толкаемых составов по различным признакам приведена на рис. 3 [2].

Из двух наиболее надежных и перспективных типов сцепного устройства (жесткий или ограниченно-подвижный) предпочтительным для мелкосидящих ТССП следует считать ограниченно-подвижный (шарнирный) сцеп с одной степенью свободы.

2. Выбор главных размерений должен оптимальным образом учитывать реализацию всех факторов преимуществ ТССП как при эксплуатации на море, так и при эксплуатации в реке (раскрепление тяги, увеличение числа толкаемых барж состава в реке, максимальное использование габаритов судового хода при оптимальном заполнении камер шлюзов и т.д.).

Но обоснование выбора главных размерений этим не ограничивается. Существенное влияние на определение размерений влияет взаимосвязь расчетной длины и осадки секций толкаемого состава.

3. При отработке форм корпуса особое внимание должно быть уделено выбору места расположения сцепа по длине состава, проектированию рецесса грузовой секции и проектированию обводов корпусов толкаемого состава смешанного плавания.



Рис. 3 Схема классификации сцепных устройств толкаемых составов

Отработанная таким образом форма корпусов – одна из главных характеристик, от которой зависят мореходные качества и экономические показатели работы состава, поскольку дополнительные составляющие сопротивления движению состава в общем балансе сопротивления выше, чем у обычных судов.

4. Подбор элементов связей, расчеты общей и местной прочности секций состава необходимо вести с учетом поправок на величину усилий в сцепе и величину максимума дополнительного вертикального изгибающего момента баржи, вызванного реакцией взаимодействия секций в районе сцепа.

5. Расчетной мерой остойчивости толкаемого состава, как и для обычного судна, является восстанавливающий момент. Однако восстанавливающий момент  $M_{BC}$  толкаемого состава с сцепным устройством, имеющим одну или более степень свободы, не может быть получен простым сложением восстанавливающих моментов грузовой ( $M_{B1}$ ) и энергетической ( $M_{B2}$ ) секций.

Изменение восстанавливающего момента можно представить в виде

$$M_{BC} = (M_{B1} + M_{B2}) - \Delta M_{BC},$$

где  $M_{BC}$  - восстанавливающий момент для состава, кНм;  $M_{B1}$ ,  $M_{B2}$  - моменты восстанавливающие для грузовой и энергетической секций состава, кНм;  $\Delta M_{BC}$  - величина изменения момента восстанавливающего для состава, кНм.

При этом абсолютная величина  $\Delta M_{BC}$  во многом зависит от размерений и формы корпусов секций, координат центров тяжести, интенсивности волнения, курсовых углов движения состава и т.п.

**Выбор места расположения сцепа по длине состава.** При шарнирном соединении секций достаточно эффективным средством воздействия на мореходные и прочностные качества состава является изменение положения оси шарнира по длине. В наибольшей мере положение оси сцепа влияет на качку энергетической секции и величину вертикального усилия в сцепе. Для улучшения этих характеристик мореходности и прочности необходимо стремиться к максимально возможному (насколько возможно большему) выдвиганию шарнира в нос толкача. Следует отметить, что это смещение благоприятно также для исключения оголения движителей.

На горизонтальные усилия в сцепе положение сцепного устройства и его тип практического влияния не оказывают.

**Проектирование рецесса грузовой секции.** Дополнительные возможности улучшения ходовых и мореходных качеств состава с врезным упором связаны с выбором размеров и формы рецесса грузовой секции.

Удлинение рецесса, особенно на переднем ходу, благоприятно влияет на килевую качку энергетической секции, что обусловлено умерением возмущающего воздействия волнения из-за экранирующего действия скегов. Наиболее заметно это воздействие на сравнительно коротких волнах.

Увеличение относительной длины рецесса от  $\bar{l}_p = \frac{l_p}{L_{гр}} = 0,11$  до  $\bar{l}_p = 0,27$ ,

где  $l_p$  - длина рецесса, м;  $L_{гр}$  - длина грузовой секции, м, с одной стороны приводит к росту смоченной поверхности корпуса, а с другой, – сопровождается уменьшением площади отрыва на торцах скегов, уменьшением вихреобразования в корме, что, в конечном итоге, способствует уменьшению сопротивления в целом. В дальнейшем с увеличением длины рецесса  $l_p > 0,30$  следует ожидать рост сопротивления за счет увеличения смоченной поверхности.

Авторами представлены значения коэффициентов счала  $K_{сч}$  в зависимости от скорости движения и длины рецесса.

Наименьшие значения коэффициента счала соответствуют составам, у которых толкач на 0,3-0,5 своей длины входит в кормовой рецесс грузовой секции. С уменьшением длины рецесса коэффициент счала возрастает и приближается к коэффициенту счала толкаемых составов с транцевым упором.

Таким образом, для составов с врезным упором обеспечение соответствия формы кормовой ниши баржи форме носа толкача также актуально, как для составов с транцевым упором.

**3. Определение усилий на сцепное устройство.** На момент разработки первого толкаемого состава смешанного плавания на базе судов проектов 16806 и 14506 (RosScan Power) апробированные на практике расчетные методики отсутствовали. По этой причине для определения усилий на сцепное устройство автором были рассмотрены 12 известных экспериментально-теоретических исследований.

Анализ применения различных методик для определения нагрузок на шарнирное сцепное устройство ТССП выявил большой разброс их величины от 100 до 800% и более.

Все это вместе взятое явилось основанием для подготовки предложений о формировании эмпирических формул и включении их в Правила Российского Речного Регистра для определения нагрузок на сцепные устройства толкаемых составов смешанного плавания [3], [4].

**4. К определению волновых нагрузок на шарнирно-сочлененную систему ТССП.** Результаты экспериментальных исследований подтвердили наиболее существенные закономерности общего вертикального изгиба шарнирно-сочлененной системы толкач-баржа, находящейся под произвольным углом  $\varphi$  к регулярному двумерному волнению, и действенность формул, полученных А.М. Фроловым для оценки волновых нагрузок, определяющих прочность баржи при общем вертикальном изгибе состава [5].

**Библиографический список**

1. **Егоров, Г.В.** Проектирование и постройка коастров и судов смешанного плавания / Г.В. Егоров. – Одесса: Изд-во Николая Дубова, 2008. –128 с.
2. **Лобастов, В.П.** Сцепные устройства морских составных судов и толкаемых составов, рукопись за № ДР-2455 депонир. в ЦНИИ «Румб» 20.03.1986.
3. **Лобастов, В.П.** Разработка требований к сцепным устройствам толкаемых составов смешанного плавания / В.П. Лобастов, В.Н. Заякин, Г.П. Котов // Научно-технический отчет. Ч. I, II. – Нижний Новгород. Российский Речной Регистр. 1999 г.
4. Российский Речной Регистр. Правила. Т-4. Москва.
5. **Фролов, А.М.** К определению волновых нагрузок на шарнирно-сочлененную систему толкач-баржа // Труды ГИИВТ. Горький. 1980. Вып. 181. С. 60-70.

*Дата поступления  
в редакцию 09.06.2010*

**V.P. Lobastov**

**THE DESIGN FEATURES of TRANSPORT SYSTEMS OF MIXED (RIVER-SEA) COMMUNICATIONS**

Federal State Institute Russian River Register

Considered promising solutions to improve the position of domestic shipowners in the market mixed (river-sea) communications in the form of: improving the design of combined vessels, based on innovative solutions, creating advanced transportation technology systems through the use of pushed convoys mixed navigation.

*Key words:* shipowner, mixed (river-sea) communication, construction vessels, advanced transportation technology systems, convoys navigation.