

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. 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; ΔM_{BC} - величина изменения момента восстанавливающего для состава, кНм.

При этом абсолютная величина ΔM_{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 φ 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.