

УДК 629.12.001

Францев М.Э. (АО «Нентун-Судомонтаж») канд. техн. наук
контакт тел. 89037173125
gepard629@yandex.ru

Анализ эксплуатационных и экономических аспектов в модели проектной оптимизации амфибийных катеров на воздушной подушке, предназначенных для перевозки пассажиров.

Frantsev M. E.

Analysis of operational and economic aspects of the model design optimization of amphibious hovercraft for the carriage of passengers.

В статье рассматривается способ проектного анализа эксплуатационных и экономических характеристик пассажирских амфибийных катеров на воздушной подушке, имеющих различные типы гибких ограждений. В качестве анализируемых параметров рассматриваются интегральные величины, объединяющие характеристики массы, мощности и скорости. Обработана база данных по построенным отечественным амфибийным катерам на воздушной подушке. Методами регрессионного анализа получены зависимости, позволяющие производить сравнение их эксплуатационных и экономических характеристик.

Ключевые слова: амфибийные катера на воздушной подушке, пассажирские перевозки, характеристики массы, мощности и скорости

The method of project analysis of operational and economic characteristics of the passenger amphibious hovercrafts which have the different types of flexible air bag protection is considered in this paper. The integral quantities which combining the characteristics of mass, power and speed are considered as parameters in analyze. The data base of amphibious hovercraft which is contained the characteristics of these boats is processed. The data base which contains the characteristics of amphibious hovercrafts was processed by the method regression analysis. The dependence which obtained by this way allow to compare operational and economic characteristics of hovercrafts.

Key-words: amphibious hovercrafts, passenger transportation, characteristics of mass, power and speed.

На территории России существует достаточно большое количество мест, где возможно эффективное применение амфибийных катеров на воздушной подушке (АКВП) для круглогодичных и сезонных перевозок. В качестве наиболее известных пассажирских транспортных маршрутов, на которых используются АКВП, можно привести такие линии, как Благовещенск – Хэйхэ (КНР), Салехард – Лабытнанги, Нижний Новгород – Бор, Самара – Рождествено и ряд других.

В то же время, массовое применение АКВП для пассажирских перевозок сдерживается отсутствием новых эффективных проектов судов этого типа. Важной проблемой проектирования пассажирских АКВП является отсутствие отработанных моделей их

оптимизации, содержащих блоки эксплуатационных и экономических расчетов эффективности судов данного типа на предполагаемых линиях.

В условиях рыночной экономики одной из главных задач в проектировании судов становится повышение конкурентоспособности проекта судна. Это требование может быть реализовано за счет следующих мероприятий:

- обеспечения судну при проектировании повышенных, по сравнению с судами – претендентами, потребительских качеств без пропорционального повышения строительной стоимости судна и стоимости его эксплуатации;
- повышения качества проектных работ, особенно на ранних стадиях проектирования;
- уменьшения издержек на многовариантные проработки и сокращения общих сроков выработки проекта.

Одной из важнейших задач разработки проекта нового судна является блок эксплуатационных и экономических аспектов его применения. Экономическая и эксплуатационная эффективность судна в большой степени обеспечивается за счет применения при его создании передовых проектных решений [1, 3].

В рамках проектного анализа, опирающегося на блок эксплуатационных и экономических качеств пассажирских амфибийных катеров на воздушной подушке, должны быть рассмотрены следующие вопросы:

- предложены и обоснованы типы пассажирских АКВП, рассматриваемые в качестве судов - претендентов для выполнения маршрутных перевозок, включая их компоновочные аспекты;
- обоснованы качества АКВП, рассматриваемых в качестве судов – претендентов, в виде их главных размерений, полной массы, характеристик энерговооруженности, мощности и вместимости;
- обоснован выбор амфибийных качеств АКВП, рассматриваемых в качестве судов - претендентов, включая конструкцию гибкого ограждения воздушной подушки (ГО) и характеристики управляемости, исходя из навигационных условий предполагаемого района эксплуатации;
- обоснован выбор по степени предпочтительности характеристик мощности, скорости, полезной нагрузки и вместимости АКВП, рассматриваемых в качестве судов - претендентов, с точки зрения экономической эффективности пассажирских перевозок;
- выполнен сравнительный анализ различных вариантов конструкции АКВП, рассматриваемых в качестве судов - претендентов, отличающихся характеристиками мощности, скорости, полезной нагрузки и вместимости, а также амфибийными качествами, по критерию экономической эффективности и выбран оптимальный вариант;
- обоснованы эксплуатационные качества АКВП, рассматриваемых в качестве судов – претендентов, в виде характеристик ходкости, маневренности и мореходности, а также их расходных характеристик, при этом определено требуемое количество судов для организации пассажирских перевозок на рассматриваемых линиях;
- обоснованы маневренные характеристики на малых скоростях АКВП, рассматриваемых в качестве судов – претендентов, и рассмотрено их взаимодействие с плавучими причальными сооружениями при посадке и высадке пассажиров - для варианта эксплуатации при наличии открытой воды и невозможности выхода на берег;
- выполнены расчеты провозной способности АКВП, рассматриваемых в качестве судов – претендентов, и обоснование их экономической эффективности на предполагаемых линиях;

- обоснованы технологические и экономические вопросы постройки АКВП, рассматриваемых в качестве судов - претендентов, определена строительная стоимость головного судна, а также всех судов установочной серии;
- получены другие эксплуатационные и экономические показатели работы АКВП, рассматриваемых в качестве судов - претендентов, вплоть до структуры эксплуатационных расходов, а также цен билетов на различных линиях, определяющих порог окупаемости и цен билетов для льготных категорий пассажиров.

В соответствии с практикой современного проектирования, разработке аван-проекта (проектного предложения) амфибийного катера на воздушной подушке, содержащего основные принципиальные решения по выбору главных размерений, характеристик вместимости и полезной нагрузки, энерговооруженности, примененных аэро- и гидродинамических схем, в том числе схем гибкого ограждения и ряда других, предшествует проектный анализ этих характеристик с использованием баз данных судов-претендентов. При этом весьма важен анализ эксплуатационных и экономических качеств этих судов.

Известно, что наибольшую долю в совокупной структуре прямых расходов на эксплуатацию скоростного судна и, в частности, амфибийных катеров на воздушной подушке, составляют расходы на топливо. Поэтому при обосновании основных принципиальных решений в проекте АКВП целесообразно выполнять сравнительный анализ их интегрированных расходных характеристик, включающих удельный расход топлива главных двигателей, их мощность, полную массу судна, его скорость и характеристики его полезной нагрузки с аналогичными характеристиками судов - претендентов.

Методами анализа баз данных, сформированных на основании информации о судах-претендентах, опубликованной в открытых источниках, в том числе, ресурсах сети Internet, рассчитан ряд зависимостей и построены графики, позволяющие проследить изменения ряда характеристик АКВП. [2, 4] Наибольший интерес для проектного анализа эксплуатационных и экономических качеств АКВП представляют следующие характеристики:

1. Коэффициент утилизации по дедвейту (полезной нагрузке) в виде

$$\eta = \frac{DW}{D}$$

2. Энерговооруженность в виде

$$\mathcal{E} = \frac{N}{D}$$

3. Расход топлива на перемещение 1 т полной массы на 1 км пути в виде

$$P_D = \frac{qN}{Dv}$$

4. Расход топлива на перемещение 1 пассажира на 1 км пути в виде

$$P_{Пасс} = \frac{qN}{nv}$$

где D - полная масса, т;

N - мощность главных двигателей, кВт;

DW – дедвейт (полезная нагрузка), т;

q - удельный расход топлива двигателей на номинальном режиме, кг/кВт час;

V - скорость крейсерского хода, км/час

n - пассажировместимость, чел.

Ниже, в качестве примера, приведены элементы сравнительного анализа эксплуатационных и экономических качеств судов – претендентов в виде АКВП с двухъярусным гибким ограждением и АКВП с гибким ограждением, использующим надувные скеги.

В качестве объектов анализа рассматривались амфибийные катера на воздушной подушке следующих проектов:

- АКВП с двухъярусным ГО пр.18800 «Гепард»;
- АКВП с двухъярусным ГО пр.18801-18803 «Пума»;
- АКВП с двухъярусным ГО пр.15060-15063 «Ирбис»;
- АКВП с двухъярусным ГО пр. 110 «Арго»;
- АКВП с двухъярусным ГО «Леопард»;
- АКВП с ГО с надувными скегами «СВП-500»;
- АКВП с ГО с надувными скегами «Хивус-6»;
- АКВП с ГО с надувными скегами «Хивус-10»;
- АКВП с ГО с надувными скегами «Хивус-32»;
- АКВП с ГО с надувными скегами «Марс-700»;
- АКВП с ГО с надувными скегами «Марс-2000».

Известно, что при большом количестве внешних различий все эти амфибийные катера на воздушной подушке имеют достаточно много общего, как в части основных конструктивных решений, так и в области примененных в конструкции материалов и технологий.

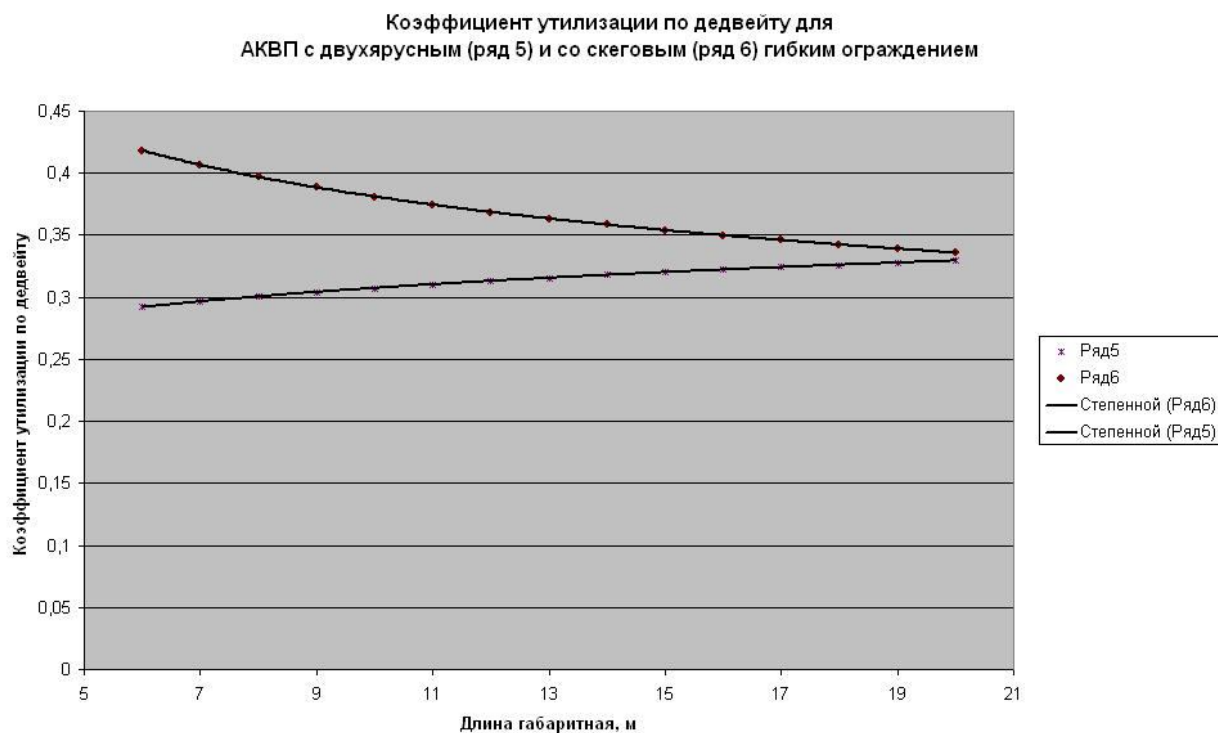


Рис. 1. Изменение коэффициента утилизации по дедвейту (полезной нагрузке) АКВП по интервалу габаритной (базовой) длины.

Все они характеризуются широким применением в конструкции легких сплавов и композиционных материалов, использованием главных двигателей автомобильного типа, наличием отдельных подъемных комплексов, работающих за счет отбора мощности двигателей, применением при изготовлении авиационных технологий и рядом других сходных черт. Наибольшее различие у этих АКВП имеет устройство гибкого ограждения воздушной подушки. Именно по этому признаку суда сгруппированы в базе данных.

Методами регрессионного анализа произведена аппроксимация зависимостей, полученных при обработке базы данных, содержащей множества значений, представляющих собой тактико-технические качества объектов анализа. [2, 4] В графическом виде эти зависимости представлены на рисунках 1 – 4.

Выполненный анализ позволяет сделать следующие выводы:

- Для амфибийных катеров на воздушной подушке малых размеров и вместимости более эффективной является схема гибкого ограждения воздушной подушки, использующая надувные скеги;
- С ростом размеров амфибийного катера на воздушной подушке преимущества схемы гибкого ограждения, использующей надувные скеги, уменьшаются и, примерно, при значениях габаритной (базовой) длины АКВП равной 10-11 метров обе схемы, с точки зрения эффективности, являются равноценными;
- Сохранение эффективности при дальнейшем увеличении размеров амфибийного катера на воздушной подушке может быть обеспечено лишь за счет использования двухъярусной схемы гибкого ограждения.

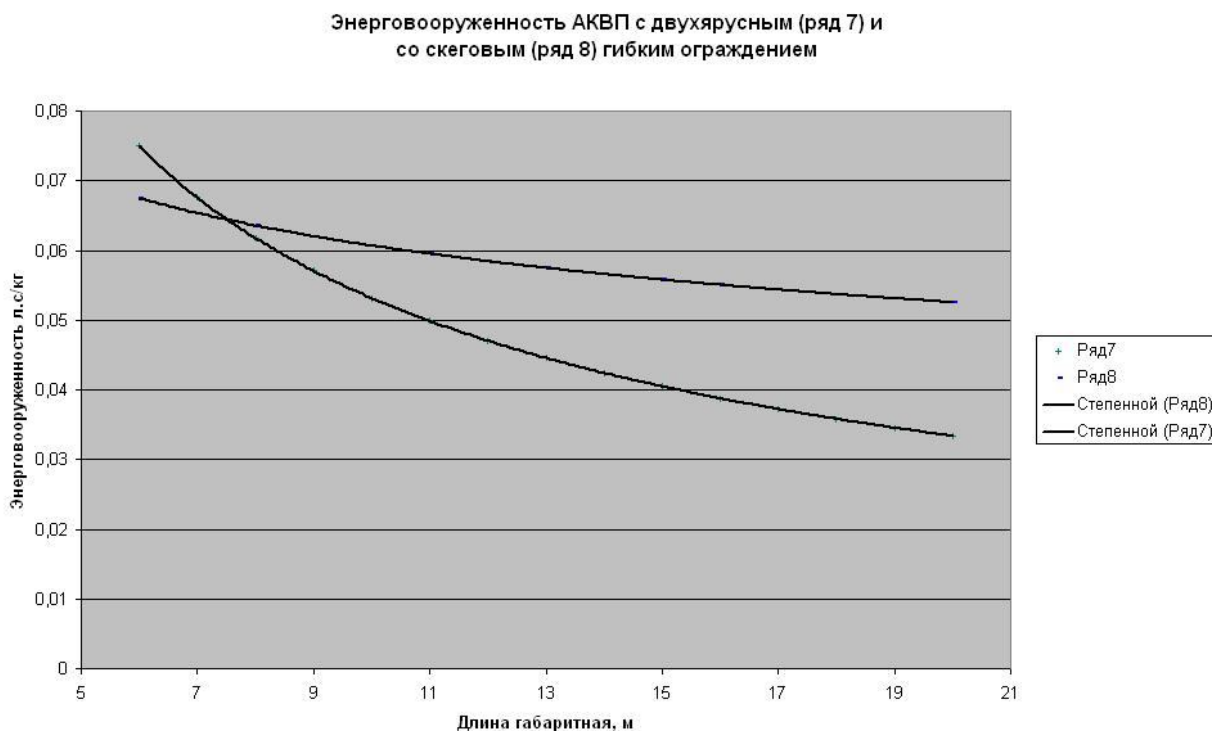


Рис. 2. Изменение энерговооруженности АКВП по интервалу габаритной (базовой) длины.

Полученные выводы могут быть объяснены с точки зрения конструкции АКВП. Как было сказано выше, существует определенное подобие конструктивных решений амфибийных катеров на воздушной подушке обоих типов в части компоновки, конструкции верхних строений в виде надстройки и/или рубки, судовой энергетической установки, подъемно – движительных комплексов и ряда других элементов судна. Известно, что для катеров небольших размеров толщина корпусных конструкций определяется соображениями не столько общей, сколько местной прочности.

Использование надувных скегов в конструкции ГО воздушной подушки позволяет обеспечить существенный выигрыш в массе корпуса за счет минимизации контактов корпуса с опорной поверхностью (экраном), обеспечиваемых этой схемой. Существует, также, определенный выигрыш в массе самого гибкого ограждения, за счет более простой и менее объемной конструкции по отношению к двухъярусной схеме ГО.

Расход топлива на перемещение 1 т полной массы на 1 км пути для АКВП с двухъярусным (ряд 1) и со скеговым (ряд 2) гибким ограждением по интервалу габаритной длины

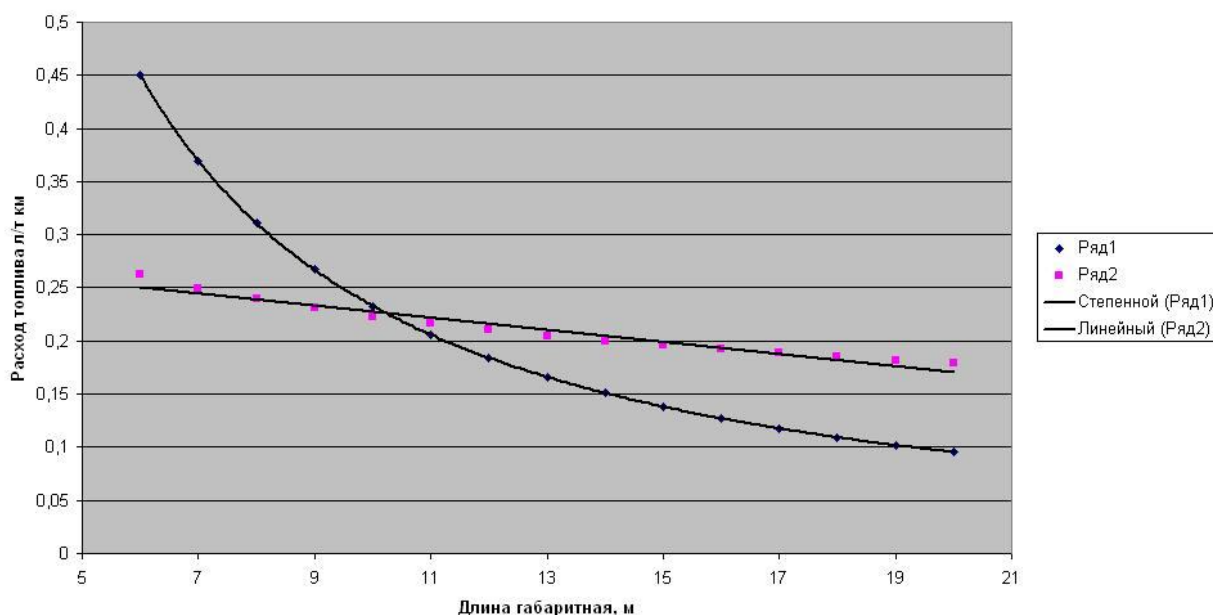


Рис. 3. Изменение расхода топлива АКВП на перемещение 1 т полной массы на 1 км пути по интервалу габаритной (базовой) длины.

Расход топлива на перемещение 1 пассажира на 1 км пути для АКВП с двухъярусным (ряд 3) и со скеговым (ряд 4) гибким ограждением

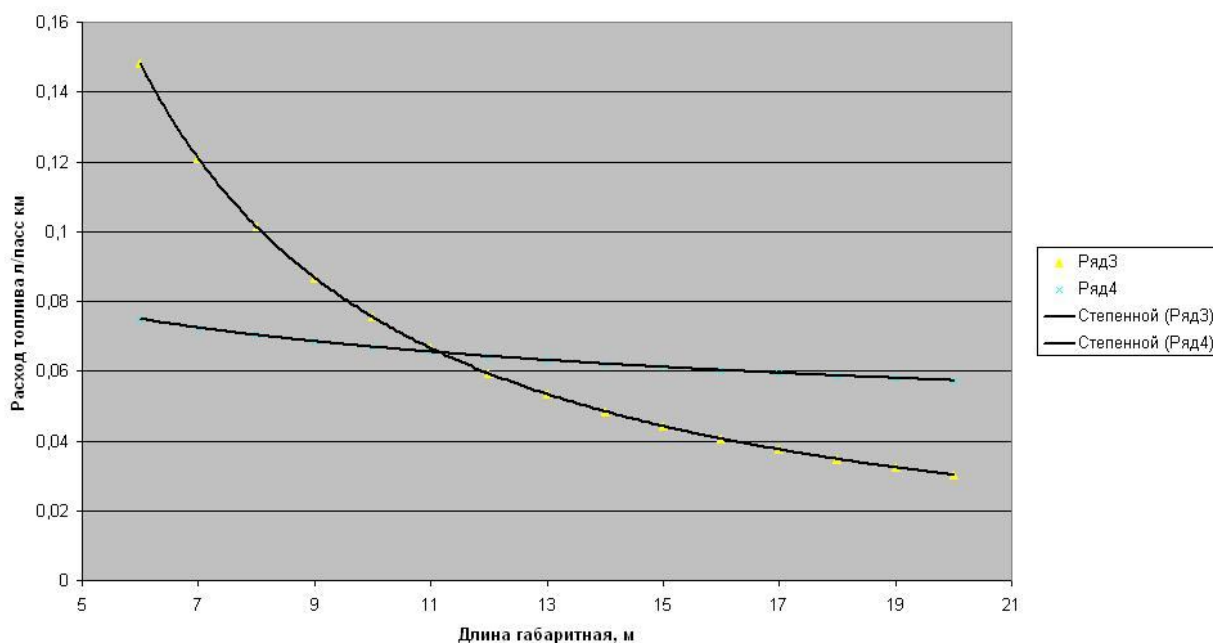


Рис. 4. Изменение расхода топлива АКВП на перевозку 1 пассажира на 1 км пути по интервалу габаритной (базовой) длины.

С ростом размеров судна необходимость обеспечения общей прочности корпуса требует увеличения размеров его связей, что приводит к сопоставимой массе корпусных конструкций АКВП обоих типов. В то же время, необходимость обеспечения прочности надувных элементов ГО в виде скегов, находящихся в непрерывном контакте с опорной поверхностью (экраном), вызывает опережающий рост массы конструкций самого ГО. При этом важным фактором становится меньшая, по сравнению с двухъярусной схемой гибкого ограждения воздушной подушки, эффективность схемы ГО, использующей надувные скеги. Совокупность указанных факторов приводит к снижению эффективности, с ростом размеров судна, удельных эксплуатационных и экономических характеристик АКВП, имеющих ГО с надувными скегами, по отношению к аналогичным характеристикам АКВП с двухъярусным гибким ограждением.

В заключение необходимо отметить, что модель оптимизации пассажирского АКВП, позволяющая обеспечить заданные эксплуатационные качества судна, а также конкурентоспособность проекта, реализуемая при проектировании, в обязательном порядке должна содержать анализ эксплуатационных и экономических показателей, обосновывающих выбор проектных характеристик судна.

Литература:

1. Ашик В.В. Проектирование судов. Л., Судостроение, 1985, - 486 с.
2. Лоран П.-Ж. Аппроксимация и оптимизация. – М.: Мир, 1975. – 498 с.
3. Пашин В.М. Оптимизация судов. Л., Судостроение, 1983, - 286 с.
4. Суворов А.И. Информационная технология экспериментальных и научных исследований в судостроении. Проблемные разработки программного обеспечения новой информационной технологии: Сб. науч. тр. Калинин, 1990, Вып. 3. - С. 118-126.