

$$M_p \approx \sqrt{[-2D_M(h_{3\%})y_Q(h_{3\%})]_{\text{ср}}}. \quad (9)$$

Момент, вычисленный по формуле (9), примем за начальное значение расчетного момента; обозначим его через M_{p0} . Положив $M_1 = M_{p0}$, $M_2 = 1,1M_1$, по формулам (3) и (6) вычислим значение расчетного момента в первом приближении M_{p1} , а по формуле (1) – его обеспеченность $Q(M_{p1})$. Если $Q(M_{p1})$ отличается от нормативного значения $Q(M_p)$ не более, чем на 0,1%, то процесс последовательных приближений приостанавливается. В противном случае надо положить $M_1 = M_{p1}$, выполнить второе приближение и т.д. до тех пор, пока требуемая точность не будет достигнута.

Описанный способ решения уравнения (1) был применен при составлении программы расчёта на ЭВМ волнового изгибающего момента на миделе корпуса судна без учёта вибрации корпуса (с учётом только качки) и с учётом её. Опыт вычислений показал, что процесс последовательных приближений сходится очень быстро; достаточно 2–3 приближений, чтобы требуемая точность была достигнута.

SOLUTION OF EQUATION DETERMINING THE MAGNITUDE OF DESIGN WAVE MOMENT BASED ON ITS PROBABILITY OF OCCURRENCE

I. Tryanin

The task of determining the bending wave moment of the hull of a ship by using probabilistic and statistical approach together with full probability method does not have an exact analytical solution for the solving equation. A simple approximation method of solving the equation is presented in the article, the method being convenient for computer calculations.

УДК 629.12.001

М.Э. Францев, канд. техн. наук, АО «Нептун-Судомонтаж».
gerard629@yandex.ru

ПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АМФИБИЙНЫХ КАТЕРОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ ДЛЯ КРУГЛОГОДИЧНЫХ И СЕЗОННЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

В статье изложены принципы проектного анализа эксплуатационных и экономических аспектов использования амфибийных катеров на воздушной подушке для круглогодичных и сезонных пассажирских перевозок. Рассмотрены интегральные параметры, учитывающие характеристики полной массы, мощности и скорости АКВП. Выполнен сравнительный анализ интегральных параметров и приведен пример расчета себестоимости перевозок.

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 создании судна передовых проектных решений.

На территории России существует достаточно большое количество мест, где эффективно применение для круглогодичных и сезонных перевозок амфибийных катеров на воздушной подушке (АКВП). 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 методик для выполнения эксплуатационных и экономических расчетов эффективности судов данного типа на предполагаемых линиях. Ниже приведена методика проектного анализа эксплуатационных и экономических аспектов использования амфибийных катеров на воздушной подушке для круглогодичных и сезонных пассажирских перевозок.

Проблема выбора критерия эффективности судна, как элемента некоторой экономической системы, исследовалась в работах В.М. Пашина, А.В. Бронникова, И.Г. Захарова и ряда других авторов. Академик В.М. Пашин указывает, что проектирование судна и его оптимизация становятся невозможными в отрыве от систем более высокого уровня, являющихся для отдельно взятого судна своеобразной внешней средой. Поэтому проектант самостоятельно либо с помощью заказчика обосновывает целесообразность создания данного конкретного судна либо комплекса совместно работающих судов и определяет или уточняет исходные характеристики для непосредственной разработки проекта. [3]

Основной критерия выбора служат экономические показатели, определяющие доходную и расходную части эксплуатационных характеристик судна.

К группе экономических показателей, определяющих доход от эксплуатации пассажирского АКВП, обязательно должно быть отнесено количество перевезенных пассажиров, а при предполагаемом использовании АКВП еще и в качестве разъездного судна – дополнительно количество выполненных рейсов.

Экономические параметры, определяющие расходы на эксплуатацию – в виде общей суммы затрат на эксплуатацию и установленных законом отчислений оплачиваемых судовладельцем:

– расходы на топливо;

– расходы на экипаж;

– налоги и сборы, зависящие от характеристик (вместимость, мощность, длина) судна;

– отчисления, зависящие от строительной стоимости судна.

– Экономическая эффективность гражданских АКВП оценивается по следующим критериям:

– критерий общей эффективности;

– критерий сравнительной экономической эффективности.

Критерием общей эффективности является отношение годовой прибыли к капитальным вложениям (в современной терминологии – инвестициям):

$$s = \frac{P_3 - S}{K} \quad (1)$$

где P_3 – экономический эффект в виде годового объема выполняемой судном работы под которым понимается годовой доход от эксплуатации судна;

S – эксплуатационные расходы;

K – капитальные вложения (инвестиции).

Еще одним критерием общей эффективности может являться срок окупаемости капитальных вложений, или, используя современную терминологию, инвестиционная привлекательность:

$$t = \frac{K}{P_3 - S} \quad (2)$$

Критерием сравнительной экономической эффективности является абсолютная величина совокупных затрат в виде:

$$S_c = S + E_{\text{норм}} K \quad (3)$$

где $E_{\text{норм}}$ – кредитный процент или при бюджетном финансировании нормативный коэффициент капитальных вложений;

Для транспортных судов критерий сравнительной экономической эффективности может быть представлен в виде относительных приведенных затрат:

$$S_{\text{П}} = S/Q + E_{\text{норм}} (K/Q) \quad (4)$$

где Q – провозная способность в денежном выражении [1].

В соответствии с принципами, предложенными в работе [3], устанавливаются, так называемые зоны рационального использования АКВП. Потребность в АКВП определяется на основе совместного рассмотрения всех направлений перевозок. В качестве критерия служат суммарные приведенные затраты, которые минимизируются при условии:

- выполнения объемов перевозок по всем направлениям;
- обязательного использования всех существующих судов.

Задача проектного обоснования экономических характеристик АКВП включает следующие этапы:

1. Определение района плавания, ветро-волнового режима, режима ледостава, трошения, сроков светлого времени, сроков навигации и предельных ограничений.
2. Определение и обоснование типа и режима (режимов) движения АКВП (плавание – полет, степень аэростатической разгрузки) путем анализа характеристик района плавания и судов-претендентов по определенной схеме при определенных критериях.
3. Определение граничных условий для главных размерений и других характеристик судна.
4. Расчет укрупненной нагрузки масс судна.
5. Расчет характеристик энерговооруженности, мощности и скорости.
6. Определение технологических аспектов постройки, расчет укрупненной строительной стоимости судна и конкурентных ограничений.
7. Расчет укрупненных эксплуатационных расходов.
8. Расчет приведенных затрат.
9. Расчет характеристик судна, определяющих доходную составляющую.
10. Расчет минимального уровня рентабельности эксплуатации судна.

11. Определение критериев оптимизации.

12. Решение задачи уточнения характеристик судна.

В соответствии с принципами, изложенными в работе [3] разработана математическая модель задачи уточнения характеристик АКВП для пассажирских перевозок:

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} c_j(z_s) x_{js} + \left\{ \begin{array}{l} (E_n + e) \left[\sum_{s \in S} k(z_s) \varphi \left(\sum_{j \in J} x_{js}, z_s \right) \sum_{j \in J} x_{js} \right] \\ (E_n + e) \left[\sum_{s \in S} k(z_s) \sum_{j \in J} x_{js} + \sum_{s \in S} r(z_s) \omega_s \right] \end{array} \right\} \rightarrow \min \quad (5)$$

$$\sum_{s \in S} a_i(z_s) x_{js} \geq A_j \quad \forall j \in J \quad (6)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} l_i(x_s) x_{js} \geq B \quad (7)$$

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{s \in S} k(z_s) \varphi \left(\sum_{j \in J} x_{js}, z_s \right) \sum_{j \in J} x_{js} \\ \sum_{s \in S} k(z_s) \sum_{j \in J} x_{js} + \sum_{s \in S} r(z_s) \omega_s \end{array} \right\} \leq K \quad (8)$$

$$z_s \geq z_{\min} - z_s \leq z_{\max} \quad \forall s \in S \quad (9)$$

$$\sum_{j \in J} x_{js} y_s \leq x_s^k \quad \forall k \in K \quad (10)$$

$$y_s = \begin{cases} 1 & z_s \in \{z_{\min}^k, z_{\max}^k\} \\ 0 & z_s \in \{z_{\min}^k, z_{\max}^k\} \end{cases} \quad (11)$$

$$x_{js} \geq 0 \quad \forall j \in J, s \in S \quad (12)$$

где x_{js} – количество АКВП с характеристиками z_s для j – линии;

$c_i(x_{js})$ – годовые эксплуатационные расходы одного АКВП с характеристиками z_s на j – линии, исключая расходы, зависящие от стоимости судна;

$k(z_s)$ – стоимость одного серийного АКВП с характеристиками z_s

$\varphi \left(\sum_{j \in J} x_{js}, z_s \right)$ – функция серийности;

$r_s = r(z_s)$ – затраты на подготовку производства и освоение серийной постройки АКВП;

A_i – годовой пассажиропоток на линии;

$a_i(z_s)$ – годовая провозная способность судна с характеристиками на линии рассчитываемая с учетом реальных особенностей данной линии;

$l_i(z_s)$ – годовой доход на одно АКВП с учетом суточных колебаний загрузки;

B – контрольный уровень дохода по всем линиям;

K – объем инвестиций

$\{z_{\min}, z_{\max}\}$ – общий диапазон допустимых характеристик АКВП;

$\{z_{\min}^k, z_{\max}^k\}$ – k -диапазон допустимых характеристик АКВП, при которых допусти-

мое число судов ограничено сверху;

$k \in K$ – множество диапазонов;

x_s^k – ограничение допустимого числа АКВП с характеристиками z_s , принадлежащими k -диапазону;

E_n – нормативный коэффициент эффективности инвестиций;

e – коэффициент учета эксплуатационных расходов, зависящих от стоимости судна.

В рамках проектного анализа эксплуатационных и экономических аспектов 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 технические 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 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 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 технологические и экономические вопросы постройки АКВП, рассматриваемых в качестве судов – претендентов, определена строительная стоимость головного судна, а также всех судов установочной серии;

– обоснованы маневренные характеристики 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;

– 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, определяющей порог окупаемости и цен билетов для льготных категорий пассажиров.



Рис. 1. Рассматриваемые типы АКВП

В рамках обоснования типа 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.

Ниже, в качестве примера, приведены элементы сравнительного анализа АКВП с двухъярусным гибким ограждением и АКВП с надувными скегами.

В качестве судов-претендентов рассматривались АКВП следующих проектов:

- АКВП с двухъярусным гибким ограждением пр.18800 «Гепард»;
- АКВП с двухъярусным гибким ограждением пр.18802 «Пума»;
- АКВП с двухъярусным гибким ограждением «Арго»;
- АКВП с двухъярусным гибким ограждением «Леопард»;
- АКВП с надувными скегами «Хивус-6»;
- АКВП с надувными скегами «Хивус-10».

Расход топлива на 1 км пути на эксплуатационной скорости АСВП

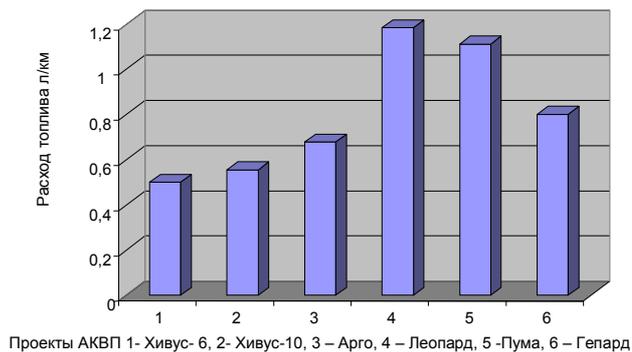


Рис. 2. Расход топлива АКВП на 1 км пути

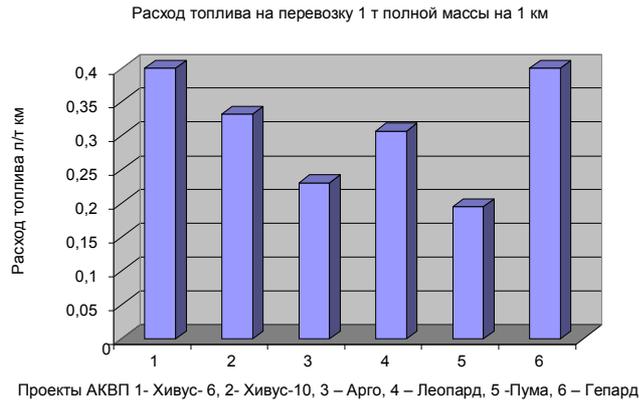


Рис. 3. Расход топлива АКВП на перевозку 1 т полной массы на 1 км пути

Первичными контролируемыми параметрами при экономическом анализе стали:

- расход топлива на 1 км пути (см. рис. 2);
- расход топлива на перемещение 1 пассажира на 1 км пути (см. рис. 4);
- расход топлива на перемещение 1 т полной массы на 1 км пути (см. рис. 3).

Произведен расчет различных экономических характеристик эксплуатации рассматриваемых АКВП по 27 пассажирским линиям. При этом учитывались расходы на топливо, оплату персонала, амортизацию катеров, а также на ремонт различных элементов катеров, в том числе, на ремонт ГО воздушной подушки. В результате расчета получен ряд зависимостей. [2, 4] На рис. 5 приведены результаты расчета для АКВП «Хивус-10» в графической форме.

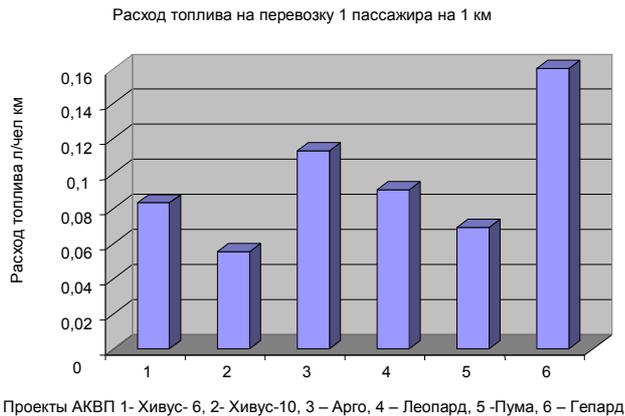


Рис. 4. Расход топлива АКВП на перевозку 1 пассажира на 1 км пути

Результаты расчета в аналитической форме представлены в виде формулы:

$$C = 6,6396L^{0,8446}$$

где C – себестоимость перевозки одного пассажира, руб.;

L – протяженность линии, км.

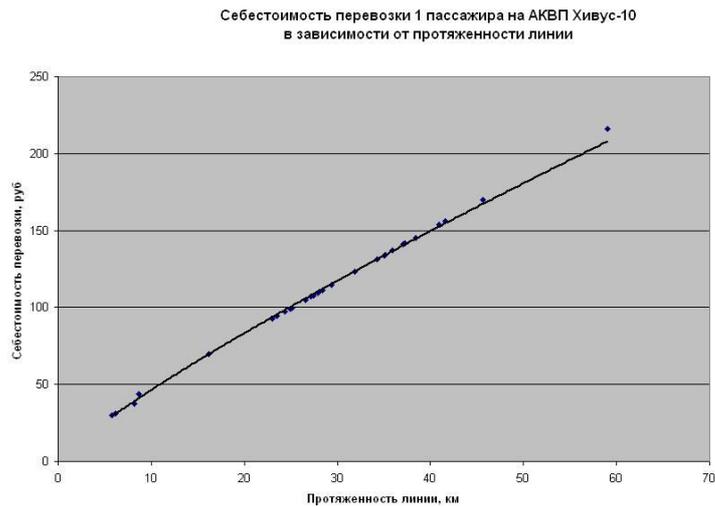


Рис. 5. Изменение себестоимости перевозки одного пассажира АКВП «Хивус-10» в зависимости от протяженности линии

Таким образом, реализация модели оптимизации АКВП при проектировании позволяет обеспечить заданные эксплуатационные качества судна, а также конкурентоспособность проекта и рентабельность судостроительного производства. Модель оптимизации при проектировании АКВП наряду с выбором критериев эффективности, определением областей допустимых значений, определяемых налагаемыми проектными ограничениями, в обязательном порядке должна содержать, также, эксплуатационные и экономические показатели, обосновывающие выбор проектных характеристик.

Список литературы:

[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.

THE DESIGN ANALYSIS OF OPERATIONAL AND ECONOMIC ASPECTS OF USE OF AMFIBIYNY BOATS ON AN AIRBAG FOR ALL-THE-YEAR-ROUND AND SEASONAL PASSENGER TRAFFIC

M.E. Frantsev

In article principles of the design analysis of operational and economic aspects of use of amfibiyny boats on an airbag for all-the-year-round and seasonal passenger traffic are stated. The integrated parameters considering characteristics of full weight, capacity and speed of AKVP are considered. The comparative analysis of integrated parameters is made and given an example calculation of cost of transportations.