

$$\eta^*(L, B, T, v, \delta, m) = \eta(L, B, T, v, \delta, m) + \frac{\partial \eta}{\partial L} \cdot dL + \frac{\partial \eta}{\partial B} \cdot dB + \frac{\partial \eta}{\partial T} \cdot dT + \frac{\partial \eta}{\partial v} \cdot dv + \frac{\partial \eta}{\partial \delta} \cdot d\delta + \frac{\partial \eta}{\partial m} \cdot dm, \quad (6)$$

где  $\eta(L, B, T, v, \delta)$ ,  $\eta(L, B, T, v, \delta, m)$  – критерии эффективности без учета чувствительности.

Тогда глобальный критерий эффективности запишется как

$$F = \max \left[ \eta^*(L, B, T, v, \delta) + \eta^*(L, B, T, v, \delta, m) \right] \quad (7)$$

Необходимость учета параметрической чувствительности в задачах оптимизации на начальных этапах проектирования судна обусловлена следующими причинами:

1) некоторые критерии эффективности могут быть очень чувствительны к изменениям значений варьируемых параметров, что может привести к сведению многокритериальной задачи в однокритериальную;

2) при оптимизации судов приходится использовать математические модели элементов систем, в которые входят параметры, найденные с определенной степенью точности;

3) в процессе проектирования судна проектант может получить параметры, отличающиеся от выбранных на исследовательском этапе. И оптимальный вариант, предложенный в начале может не совпадать с расчетным.

#### Список литературы:

[1] Вашедченко А.Н. Особенности оптимизации туристской моторной яхты при фиксированной модели ее функционирования/А.Н. Вашедченко, А.И. Кротов, О.В. Панкова// Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд. Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю 23–25 травня 2012 р.. Секція №2: Проектування та експлуатація суден, морських технічних засобів і інженерних споруд. – Николаев. – С. 105–107.

[2] Холоднов В.А. Чувствительность химико-технологических процессов: конспект лекций [Электронный ресурс]/В.А. Холоднов//Кафедра математического моделирования и оптимизации химико-технологических процессов.- Режим доступа: [http://futurewings.ru/works\\_lectures/7.htm](http://futurewings.ru/works_lectures/7.htm) (дата обращения: 11.05.2015)

[3] Захаров И.Г. Теория компромиссных решений при проектировании корабля. – Л.: Судостроение, 1987. – 136 с.

**В.И. Любимов, В.И. Барышев**  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

## О КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВАХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЭКРАНОПЛАНОВ

Ключевые слова: экранопланы, скоростные суда, пассажирские перевозки.

Приводится краткий анализ структуры эксплуатационных расходов конкурирующих видов транспорта на примере Северо-Западного региона России. По результатам анализа сделаны выводы. Рассмотрены преимущества экранопланов, как средств сообщения. Приведены технические характеристики экранопланов.

В последние годы в России все большее распространение получают работы по созданию новых экранопланов. Летом 2013 года объединение «Орион» завершило приемосдаточные испытания экраноплана «Стерх-10», построенного по заданию Минпромторга РФ. Планируется серийная постройка этих аппаратов. В 2014 году это

предприятие провело испытания 20-местного экраноплана «Орион–20», взлетная масса которого составила 10 т. Одновременно на реке Лена компания «Небо–море» провела испытания экраноплана «Буревестник–24». В Нижнем Новгороде ООО «Опытное конструкторское бюро по экранопланам ОКБЭ «Эрджи Аквалайнс» заявило о разработке нового высокоскоростного пассажирского судна, серийное производство которого планируется наладить на площадях авиастроительного завода «Сокол». Приведенные примеры свидетельствуют о новой «волне» интересов к транспортным экранопланам [1].

Для определения преимуществ новых типов экранопланов приведем краткий анализ структуры эксплуатационных расходов конкурирующих видов транспорта на примере Северо-Западного региона России.

В настоящее время в этом регионе наибольшее развитие получили автомобильные перевозки пассажиров. На долю автомобильного транспорта приходится более 50% регионального пассажирооборота. Автомобильный транспорт характеризуется высокой топливной экономичностью (для пассажирских перевозок – 3...7 г/пасс-км), большой провозной способностью, относительно малыми амортизационными отчислениями и значительной дорожной составляющей транспортных расходов (до 45 %).

Аналогичную структуру эксплуатационных расходов имеет и железнодорожный транспорт Северо-Западного региона.

Можно сделать вывод, что в принципе снижение тарифов пассажирских перевозок на автомобильном и железнодорожном транспорте возможно за счет сокращения затрат на амортизацию капитальных сооружений (дорожное покрытие, мосты и т.п.). Однако на практике это достигается путем интенсификации перевозок. Проблема окупаемости капиталовложений в развитие упомянутых видов транспорта в рассматриваемом регионе во многом усугубляется негативным влиянием климатического фактора на стойкость элементов инфраструктуры к разрушению. Особенно характерно такое влияние для северных областей региона. Поэтому упомянутые виды транспорта в регионе всегда будут убыточными и требовать для функционирования значительных бюджетных ассигнований.

Если рассматривать с точки зрения формирования эксплуатационных затрат на пассажирские перевозки авиационный транспорт, то целесообразно разделить самолетную и вертолетную технику.

При эксплуатации самолетов большой пассажироместимости затраты на топливо составляют более четверти эксплуатационных расходов. Они соответствуют транспортному расходу топлива 18...25 г/пасс-км. В то же время для авиации характерны высокая стоимость наземных сооружений и значительные расходы на содержание вспомогательных служб. Анализ показывает, что расходы на аэронавигационное обслуживание доходит до 10% стоимости авиаперевозок, а аэродромное обслуживание – до 15–20% [ ].

В отличие от магистральной авиации самолеты местных линий имеют более низкую топливную экономичность (35...60 г/пасс-км) и меньшие скорости перевозки пассажиров (200...500 км/ч). В то же время они являются более зависимыми от метеорологических условий, что снижает регулярность и комфортабельность пассажирских перевозок. Опыт показывает, что региональная авиация требует для своего функционирования аэродромов с твердым покрытием и их разветвленной сети. Следовательно, снизить стоимость пассажирских перевозок на местных линиях можно лишь за счет увеличения частоты рейсов и повышения нагрузки на аэродромную сеть. Необходимо отметить, что при невысокой плотности проживания населения и его низкой платежеспособности добиться этого в ближайшем будущем не представляется возможным.

В отличие от самолетов эксплуатация вертолетов не требует развитой инфраструктуры и возведения дорогостоящих капитальных сооружений. Вместе с тем вертолетам присуща низкая топливная экономичность (120...150 г/пасс-км), большие

затраты на текущий ремонт и обслуживание. Ограниченная пассажироместимость и умеренная крейсерская скорость (до 250 км/ч) не позволяют рассматривать вертолеты в качестве базы для массовых перевозок пассажиров.

Структура эксплуатационных расходов средств водного транспорта существенно отличается от транспортных средств, рассмотренных ранее. На судах основная доля эксплуатационных расходов (более 50 %) приходится на топливо. Это можно объяснить высокой энерговооруженностью пассажирских судов (СПК, АСВП, СВК и т.п.), приводящей при ограниченных скоростях (40...65 км/ч) к значительному расходу топлива (35...65 г/пасс-км).

Занять значительный сегмент транспортных услуг упомянутым типам скоростных судов не позволяют длительные межнавигационные простои. Вместе с тем следует отметить, что круглогодичные пассажирские перевозки можно обеспечить с помощью АСВП, серийная постройка которых ведется уже несколько лет. Они получили широкое распространение в районах Сибири и Дальнего Востока. По уровню автономности эти суда приближаются к вертолетам и могут реализовать довольно высокие скорости (до 100 км/ч) и более. Однако низкая топливная экономичность АСВП (60...100 г/пасс-км), а также высокие затраты на текущий ремонт и обслуживание препятствуют их массовому использованию [2].

Приведенный анализ структуры эксплуатационных расходов пассажирских перевозок в Северо-Западном регионе конкурирующих видов транспорта позволяет сделать выводы о том, что в качестве средств сообщения могут рассматриваться перспективные экранопланы. Выделим три основных аргумента в пользу использования экранопланов:

- по сравнению с автомобильным и железнодорожным транспортом они не требуют больших капитальных вложений на строительство наземных сооружений и обеспечивают в 4–5 раз большую скорость перевозки пассажиров;

- по сравнению с глиссирующими судами и СПК они могут обеспечивать круглогодичные перевозки со скоростями в 5–10 раз превышающими показатели водного транспорта;

- по сравнению с самолетами местной авиации при меньшей строительной стоимости и сопоставимых скоростях перевозки пассажиров большей экономичностью топлива (30 г/пасс-км), не требует аэропортов, в меньшей степени зависят от погодных условий и обеспечивают более комфортные условия для перевозок пассажиров.

Следует подчеркнуть, что упомянутые выше конкурентные преимущества эксплуатационных расходов на пассажирские перевозки на экранопланах являются преимуществами высокого порядка и гарантируют устойчивые зоны их конкурентоспособности. Сравнение их технико-эксплуатационных характеристик с аналогичными показателями других типов скоростных судов показывает, что экранопланы имеют ряд неоспоримых преимуществ и позволяют значительно расширить сферы действия водного транспорта, особенно в регионах Сибири и Дальнего Востока.

По аналогии с другими транспортными средствами экранопланы могут создаваться различных типов и назначений. Например: морские и речные, пассажирские, грузопассажирские и грузовые, служебно-разъездные, спасательные и другие. В целом масштабный ряд типоразмеров перспективных транспортных экранопланов можно разделить на три основные группы:

- речные такси и экспрессы на 10...30 мест или 1...3 т груза;

- морские экспрессы на 40...150 мест или 4...20 т груза;

- морские паромы на 200...500 мест или 20...60 т груза.

Область использования экранопланов должна формироваться исходя из их скоростных и мореходных качеств. Например, экранопланы могут эффективно использоваться в качестве пассажирских судов на магистральных реках и трассах Балтийского, Черного и Японского морей, где время рейсов между пунктами не превышает трех-четырёх часов [5].

В качестве первого шага в решении сложной задачи по внедрению экранопланов в транспортную систему можно использовать проектные разработки масштабного ряда новых типов морских экранопланов, разработанных в ПКБ «Элиен-Чкаловск», технические характеристики которых приведены ниже в таблице.

Таблица 1

Технические характеристики пассажирских экранопланов

Характеристики / тип	КЭП7Т	ПЭ-12	МПЭ-40	МПЭ-120	МПЭ-800
Пассажировместимость (чел.)	6...8	12...14	30...40	90...120	600-800
Габариты LxВxН, м	12,9x8,5x3,0	15,4x10x3,7	26,3x16,2x6	41,8x24x8,3	105x60x20
Взлетная масса, т	2,9...3,0	4,8	15,25	55,0	800
Тип двигателя, Кол-во и мощность, л.с.(кгс)	1x M601D 1x720	ВК-800 1x800	ВК-2500 1x2400	2xД437Т (2x7500)	8xД18
Скорость, км/ч	190...200	200...210	230...240	350	400-450
Мореходность (взлет/посадка) $h_{в}$ , м	0,6...0,8	0,8...1,0	0,8...1,25	1,25...1,5	3,0...3,5
Высота крейсерского полета, м	0,5...2,0	0,5...2,5	0,5...3,5	1,0...5,0	5,0-10,0
Дальность, км	400	800	1000	1200	4000
Экипаж, чел.	1	2	3	4	
Строительная стоимость опытного образца, млн.руб.	51,0	120,0	366,0	780,0	
Строительная стоимость серийного образца, млн.руб. Серия 50 штук	30,0	70,5	309,0	610,0	
Стадия разработки проекта	Техно-рабочий	Эскизный	Технический	Техническое предложение	Техническое предложение

В основу предлагаемых аппаратов принята аэрогидродинамическая компоновка экраноплана, выполненная по схеме «составное крыло» с двухкилевым вертикальным и высокоподнятым горизонтальным оперением. Такая компоновка в течении продолжительного времени отработывалась на экспериментальных установках ЦНИИ имени академика А.Н. Крылова и его Горьковского филиала на реке Троица. Эта компоновка показала возможность обеспечения на ее основе высоких взлетных и полетных характеристик экранопланов.

Особый интерес из представленного размерного ряда представляет морской экраноплан МПЭ-40, пассажировместимость которого 40 человек, скорость около 240 км/ч. Он спроектирован как пассажирский экраноплан с возможностью его переоборудования в судно бизнес-класса, служебно-разъездное, спасательное судно, а также в судно, предназначенное для перевозки малогабаритных грузов. Общий вид и общее расположение экраноплана МПЭ-40 представлены на рис. 1 и рис. 2 [6].



Рис. 1. Общий вид

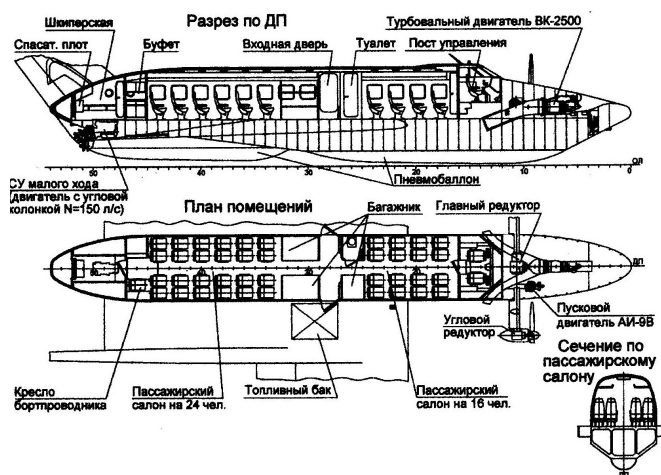


Рис. 2. Общее расположение

Предусмотрена возможность круглогодичной эксплуатации экраноплана на прибрежных морских линиях, на магистральных реках и водохранилищах. Базирование экранопланов предусматривается на береговых асфальтированных площадках.

Испытания моделей экраноплана МПЭ-40 при буксировке за катером на открытой воде и в аэродинамической трубе показали высокие гидроаэродинамические качества нового судна. По материалам эскизного проекта экраноплана получено положительное заключение ФГУП ЦНИИ имени академика А.Н. Крылова [4].

Выполненные расчеты эксплуатационно-экономических показателей экраноплана МПЭ-40, СПК «Восход-2» и СПК «Метеор» свидетельствуют о том, что новое судно превосходит своих конкурентов по крейсерской скорости, провозной способности за год и топливной эффективности и может быть рекомендовано для инновационной разработки [7].

#### Список литературы:

- [1] Панченков А.Н. Экспертиза экранопланов / А.Н. Панченков, П.Т. Драчев, В.И. Любимов – Н. Новгород: Поволжье, 2006. – 636 с.
- [2] Любимов В.И. «Мы не плаваем, мы летаем!» – девиз компании «Элиен» / В.И. Любимов, А.А. Гаккель, В.И. Барышев – Н. Новгород: Поволжье, 2007. – 68 с.
- [3] Маскалик А.И. Экранопланы – транспортные суда XXI века / А.И. Маскалик, Р.А. Нагапе-

тян, В.В. Иваненко, А.Г. Бутлицкий, В.В. Томилин, А.И. Лукьянов – СПб.: Судостроение, 2005. – 576 с.

[4] Гаккель А.А., Барышев В.И. Патент на полезную модель № 41684 Экраноплан. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 10.11.2004 г.

[5] Любимов В.И. Современные концепции и перспективные сферы использования транспортных экранопланов / В.И. Любимов, Ю.Г. Варакосов, В.И. Барышев // Вестник ВГАВТ. Вып. 31. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – С. 64–67.

[6] Любимов В.И. Методологические основы комплексного обоснования характеристик пассажирских экранопланов / В.И. Любимов, А.А. Гаккель, В.И. Барышев // Вестник ВГАВТ. Вып. 22. – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2007. – С. 51–54.

[7] Смердов В.Н. Пассажирские скоростные суда – важные составляющие транспортного комплекса Ленского бассейна // В.Н. Смердов, В.И. Любимов // Речной транспорт XXI век. Вып. 2. 2014. – С. 42–45.

*Е.П. Роннов, Е.В. Купальцева*  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫБОРА ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ХАРАКТЕРИСТИК «МАЛЫХ» ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ НА ЭТАПЕ ПРЕДЭСКИЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Ключевые слова: «малое» пассажирское судно, основные элементы судна

Представлены результаты статистического анализа основных элементов и характеристик «малых» пассажирских судов. Рассмотрены их архитектурно-конструктивные типы. Дана оценка полученным зависимостям для определения главных размеров рассматриваемых судов. Представлено выражение для определения мощности силовой установки.

Проблема малого пассажирского флота в настоящий момент широко освещается в мировом судостроении: внедряются новые виды движения – гибридные и электрические силовые установки занимают свое, пускай и невысокое пока, место; с точки зрения повышения комфортабельности и, как фактор повышения эффективности, снижение сопротивляемости корпуса – совершенствуются формы. Прежде всего, высокое внимание именно к малому водному транспорту связано со все увеличивающимся трафиком и необходимостью поиска альтернативного наземным видам передвижения. В настоящее время решению вопросов внутригородского и пригородного сообщения посвящено множество работ исследователей-проектировщиков европейских и азиатских государств, США и Австралии.

Вышеупомянутые проблемы также касаются и нашей страны: возрастающий транспортный поток и медленное развитие необходимых дорожных развязок приводят к поиску решений, способных изменить складывающуюся ситуацию. Для городов-мегаполисов, стоящих на больших и малых реках, одним из таких альтернативных вариантов может служить создание нового «малого» пассажирского флота и развитие соответствующей инфраструктуры.

Однако, на сегодняшний момент, ввиду высоких сроков окупаемости, сложности претворения в жизнь эффективной бизнес-модели, неотлаженной (а порой и отсутствующей) инфраструктуры вопросы исследования «малого» пассажирского флота редко находят свое отражение.

Безусловно, для создания новых судов, необходимо учитывать предыдущий опыт реализации успешных проектов. Выявление устойчивых регрессионных зависимостей для определения основных элементов и характеристик «малых» пассажирских судов с