

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 629.576, 681.5

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2023-4-114-28-38

EDN: BUIAPK

**Проектирование высокоскоростного магистрального экранолета  
в наземно-эстакадном исполнении**

**А. Ф. Закураев<sup>1</sup>, А. В. Рябков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Неаффилированный автор

<sup>2</sup>Тюменский индустриальный университет  
680032, Россия, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72

**Аннотация.** В статье изложены особенности конструкции и проектирования экранолета на эстакаде. Были рассмотрены вопросы проектирования профиля лотка, различных форм крыла и фюзеляжа, а также эстакады с эллиптическими конструкциями. Для перевозки пассажиров и грузов предлагается использовать эллипсный экранолет, движущийся по лотку криволинейной формы (эстакады), с использованием эффекта экрана на высоте не более 2,5 метра с применением в качестве движителя 6 двухконтурных электровентиляторных двигателей. Для направляющих несущей части предлагается использовать композиционные материалы модульного типа. В настоящей работе разработаны проектные решения различных вариантов экранолета, оснащенного бесшумными воздушными винтами с использованием экранного эффекта с параболическими направляющими наземно-эстакадного исполнения для прокладки многофункциональной высокоскоростной магистральной трассы между мегацентрами России и между странами. Новизна исследований заключается в том, что предложено разработать новые транспортные системы, позволяющие совершенствовать пассажирские и грузовые перевозки на новой конструктивно-технологической основе в виде экранолета с направляющими наземно-эстакадного исполнения.

**Ключевые слова:** экранолет, эллипс, криволинейная форма эстакады, экраноплан, продольная и боковая устойчивость, угол атаки, анализ, аэродинамические характеристики, фюзеляж

Поступила 31.07.2023, одобрена после рецензирования 08.08.2023, принята к публикации 10.08.2023

**Для цитирования.** Закураев А. Ф., Рябков А. В. Проектирование высокоскоростного магистрального экранолета в наземно-эстакадном исполнении // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 4(114). С. 28–38. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-4-114-28-38

Original article

**Designing of a high-speed main aerodynamic ground-effect craft  
in a ground and flyover mode**

**A. F. Zakuraev<sup>1</sup>, A.V. Ryabkov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Unaffiliated author

<sup>2</sup>Tyumen Industrial University  
680032, Russia, Tyumen, 72 Melnikaite street

**Abstract.** The article describes the features of the construction and design of an aerodynamic ground-effect craft on a flyover. The issues of designing the profile of the tray, various shapes of the wing and fuselage, as well as a flyover with elliptical structures were considered. For the transportation of

passengers and cargo it is proposed to use an elliptical aerodynamic ground-effect craft moving along a curvilinear tray, using the effect of a screen at a height of not more than 2.5 meters, using 6 bypass electric fan engines as a propulsion device. It was proposed to use composite materials of a modular type for the guides of the load-carrying unit for elliptical airfoils in a cargo-passenger mode. Design solutions for various variants of an aerodynamic ground-effect craft equipped with noiseless propellers using the ground effect with parabolic guides of a ground-flyover design for laying a multifunctional high-speed main route between the megacenters of Russia and between countries have been developed in the present work. The novelty of the research is the fact that it is proposed to develop new transport systems that allow improving passenger and cargo transportation on a new structural and technological basis in the form of an aerodynamic ground-effect craft in ground-flyover mode.

**Keywords:** aerodynamic ground-effect craft, ellipse, curvilinear form of flyover, ground-effect vehicle, longitudinal and lateral stability, angle of attack, analysis, aerodynamic characteristics, fuselage

*Submitted 31.07.2023,*

*approved after reviewing 08.08.2023,*

*accepted for publication 10.08.2023*

**For citation.** Zakuraev A.F., Ryabkov A.V. Designing of a high-speed main aerodynamic ground-effect craft in a ground and flyover mode. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2023. No. 4(114). Pp. 28–38. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-4-114-28-38

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема разработки более эффективных высокоскоростных видов транспорта, альтернативных железнодорожному, обусловлена большими масштабами территорий России и крайней необходимостью ускоренного развития экономики Зауралья, что невозможно без ее транспортного обеспечения.

Поэтому в России, да и в мировой практике, для перевозки пассажиров и грузов авторами предлагается использовать эллипсный экранолет, движущийся по лотку криволинейной формы (эстакады) с использованием эффекта экрана на высоте не более 2,5 метра.

Предлагаемая компоновка экранолета вместе с эстакадой будет образовывать разорванный пологий эллипс для уменьшения обтекаемости при полете от внешних возмущений всех типов (от бокового порыва ветра, колебаний и т. д.), а также для целенаправленного факториального уплотнения воздушного потока под криволинейным крылом с вогнутым цельнометаллическим фюзеляжем и поверхностью эллипсной формы эстакады. Многократные испытания модели конструкций экранолета эллипсного типа с поверхностью криволинейной формы эстакады показали факториальное увеличение экранного эффекта, а также доказали высокие аэродинамические характеристики такого профиля [1–3].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для практической реализации предлагаемых экранолетов эллиптической формы на эстакаде необходимо выполнить ряд научно-исследовательских, опытно-конструкторских и экспериментальных работ, к которым относится адаптация самих экранолетов на эстакаде. Работы в этом направлении предлагается разбить на проектирование и испытание экспериментального экранолета, что следует считать одним из этапов на пути создания первого практического образца экранолета самолетного типа с эллиптическим фюзеляжем и крылом усеченного конуса, а также эстакады из 3 составляющих в виде пологих направляющих парабол.

При этом лоток, собранный из модулей, изготовленных из композитных материалов, может располагаться как на поверхности земли, так и на эстакаде. В качестве движителя планируется использовать гибридные двухконтурные электродвигатели [4].

Отличие от существующих экранопланов на воде заключается в том, что на созданной поверхности с особой формой составных направляющих параболической формы из композиционных материалов модульного типа наземно-эстакадного исполнения движется экранолет с применением в качестве движителя 6 двухконтурных электровентиляторных двигателей с использованием эффекта экрана.

Реализация проектирования экранолета на эстакаде состоит из трех этапов:

– нахождение транспортной концепции для трассировки между регионами и странами, что вызывает необходимость разработки новых теоретических и конструктивных основ, формирования эффективного технологического механизма функционирования, альтернативного железнодорожному транспорту, и взаимодействия его с различными транспортными системами;

– разработка альтернативных гибридных транспортных экранолетов, выбор доступных отечественных композиционных строительных материалов для прокладки высокоскоростной трассы, не нарушающих рельеф местности и контур мегаполиса со строениями, что является принципиальным;

– нахождение возобновляемых экологически чистых источников энергии для обеспечения устойчивой работы движителя в любых климатических условиях [4].

В проектом решении будут использованы композиционные материалы модульного типа для направляющих в качестве несущей части для гибридных экранолетов эллиптической формы грузопассажирского исполнения.

Такая комплексная система даст преимущество в обеспечении высокой скоростной доставки пассажиров и грузов, экономичности, экологичности и комфортности транспортной системы, а также безопасности движения.

Комплексные расчеты при проектировании напряженно-деформированного состояния экранолета на эстакаде показали, что можно эффективно осуществить выбор параметров экранолета с последующим уточнением этих параметров по результатам экспериментальных исследований [5–7].

Проведенные авторами в 2000 г. эксперименты по обдуву в аэродинамической трубе для определения устойчивости конструкции показали, что при скорости ветрового потока 185 м/с экранолет с эстакадой общей массой 80 кг обладает высокой продольной и боковой устойчивостью. В частности, удалось показать, что прогнозируемые данные по экранному эффекту на высоте до 2,5 м подтверждают эффективность движения вблизи экрана на скорости 450 км/ч, что коэффициент аэродинамических сил экранолета зависит от высоты экранного полета, угла тангажа, формы крыла с фюзеляжем и эстакады в виде пологого эллипса, причем эти зависимости носят нелинейный характер. Тогда компоновка конструкции экранолета представляет собой нелинейную систему, для исследования его возмущенного движения в общем случае следует использовать численные методы интегрирования дифференциальных уравнений. При этом положение фокуса крыла и фюзеляжа под углом атаки вблизи экрана слабо зависит от толщины профиля крыла и фюзеляжа [8].

Высокоскоростная транспортная система, использующая экранный эффект, обладает следующими свойствами:

– нагрузка направленного воздушного потока на поверхность летящего экранолета пропорциональна отношению веса экранолета к площади крыла и фюзеляжа и составляет более  $1500 \text{ кг/м}^2$ . При такой нагрузке снижаются требования к строению пути. При скорости  $400 \text{ км/час}$  и более снижены требования к ровности поверхности направляющей, поскольку экранолет не успевает отреагировать на неровности рельефа на эстакаде;

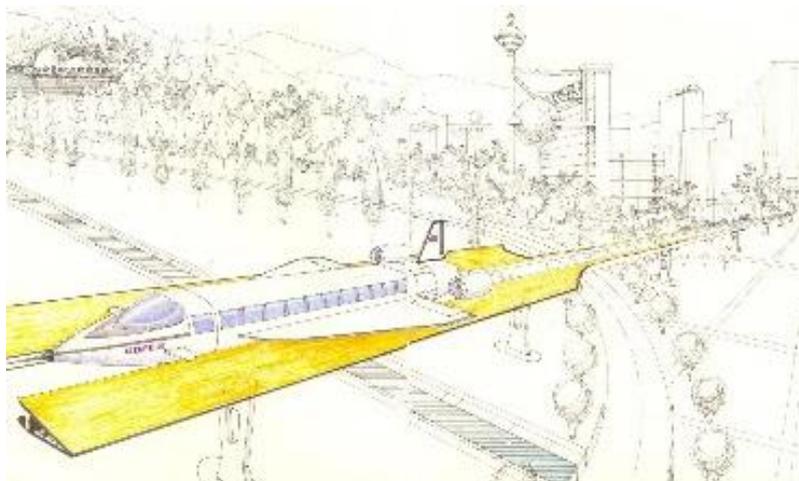
– турбулентность вблизи поверхности направляющей (экрана) значительно ниже, чем на высоте полета самолетов, основные нагрузки, действующие на конструкцию экранолета, создаются центробежными силами, то есть определяются радиусами горизонтальных и вертикальных кривых пространственной трассы направляющей. Поэтому радиусы кривизны трассы следует нормировать при прокладке трассы.

Тогда вертикальные уклоны определяются тяговооруженностью экранолета (отношением тяги к весу). Она может составлять порядка  $\lambda=0,2$ , что обеспечивает полную разгрузку экранолета при нулевом отрыве (при  $V=0$ ) для крыла и фюзеляжа. Нормирование радиусов и уклонов трассы позволяет существенно снизить массу конструкции экранолета по сравнению с массой самолетов и экранопланов, имеющих такую же полезную нагрузку.

Таким образом, создание специально подготовленной поверхности направляющей для экранолета позволяет создавать высокоскоростной транспорт, обладающий преимуществами по сравнению с экранопланами водного базирования и самолетами в аэродинамическом качестве (обратно пропорциональном расходу топлива двигателей). Они заключаются в существенно большей скорости движения, большей относительной массе полезной нагрузки и меньшей стоимости возведения железнодорожного пути, особенно на магнитной подушке.

Под устойчивостью экранолета понимается его способность самостоятельно, без участия экипажа, сохранять заданный режим движения, а в случае отклонения от него под воздействием различного вида возмущений возвращаться к исходному режиму после прекращения их действия.

В первом варианте (рис. 1) в состав транспортного устройства вошли летательные аппараты в пассажирском и грузовом исполнении с длиной фюзеляжа от  $25$  до  $60 \text{ м}$  и размахом крыльев  $10\text{--}12 \text{ м}$ , массой от  $18$  до  $115 \text{ т}$ , что подтверждается патентом РФ №  $2277215$  от  $2019 \text{ г.}$  [13].

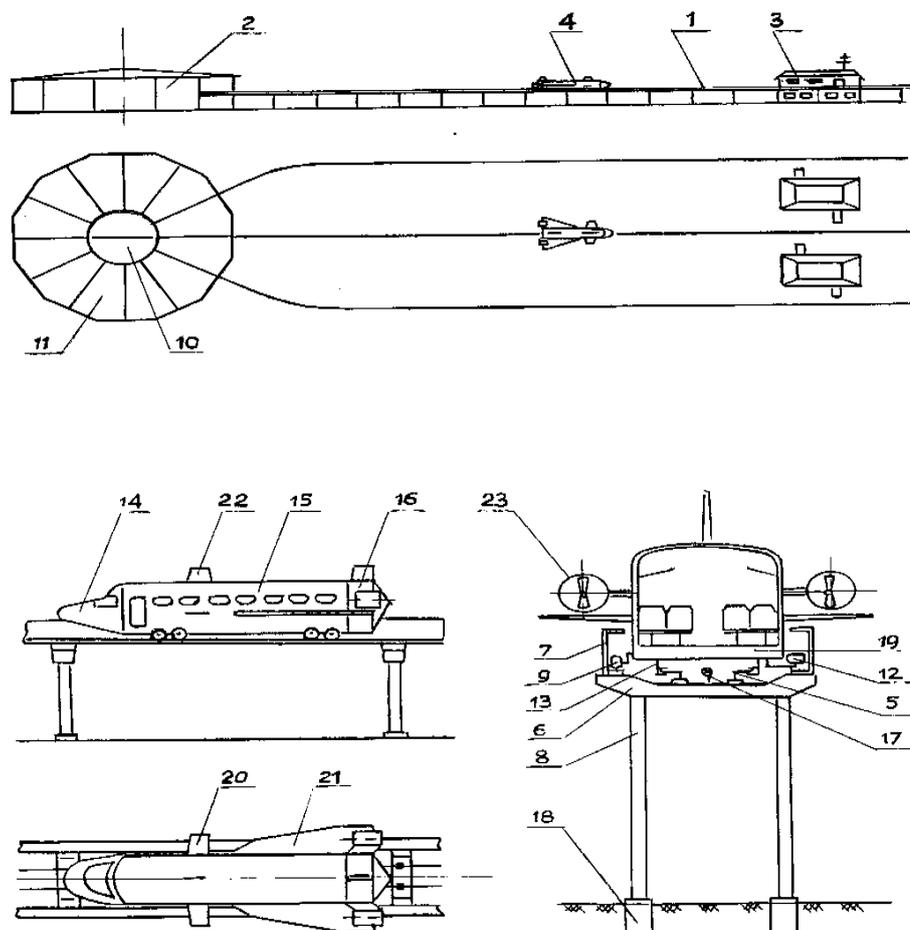


*Рис. 1. Фрагмент цельнометаллического фюзеляжа на эстакаде*

*Fig. 1. A fragment of an all-metal fuselage on a flyover*

Экранолет может перевозить от 50 до 500 пассажиров или 80 тонн груза со скоростью до 450 км/час, он представляет собой цельнометаллический фюзеляж, состоящий из нижней рамы, соединенной силовыми шпангоутами и стрингерами, наружной и внутренней обшивкой в единый силовой каркас. Фюзеляж разделен на три отсека: кабина пилота, пассажирский или грузовой салон, электромеханический отсек.

Автоматизированная система управления движением, эстакада, депо для обслуживания летательного аппарата (ЛА), конечные станции посадки-высадки пассажиров и грузовые терминалы, механическая развязка ЛА с направляющими балками эстакады обеспечивают возможность строительства относительно легкой и дешевой конструкции эстакады магистрали, которая в зависимости от потоков пассажиров и грузов может быть одно-, двух-, трехпутным путепроводом, как показано на рис. 2.



*Рис. 2. Фрагмент схемы путепровода*

*Fig. 2. Fragment of the overpass scheme*

Старт (разгон) ЛА производится по направляющим поверхностям эстакады, и далее полет осуществляется по профилю эстакады в воздушном пространстве, ограниченном для колес шасси ЛА верхними и нижними полками балок, а для колес водил боковыми стенками балок.

Удержание ЛА в ограниченном воздушном слое обеспечивается по программе поворотными крыльями, элеронами и рулями по всей длине профиля эстакады. В случае отклонения ЛА в полете под воздействием аэродинамических сил (порывов ветра, перегрузок на вира-

жах, подъемах, спусках и других) включаются датчики углов тангажа и курса, сигналы от которых поступают на исполнительные механизмы крыльев, элеронов и рулей.

Во втором варианте путем компромисса и конструкторских разработок мы пришли к необычным формам как экранолета, так и эстакады (рис. 3. а, б).

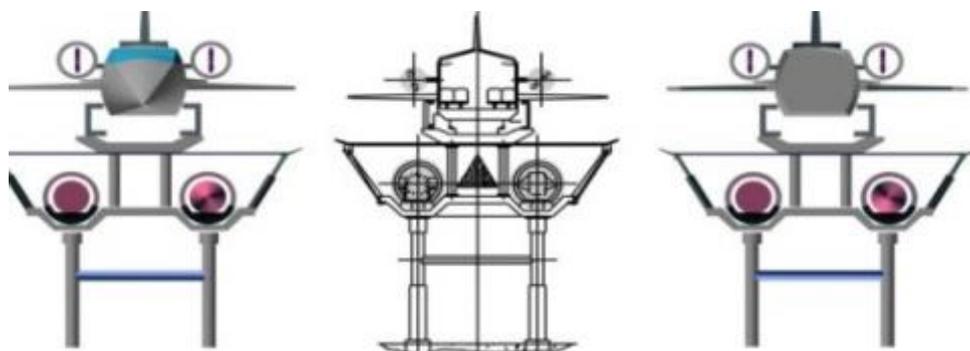


**Рис. 3.** а – фрагмент формирования потока воздуха из-под экранолета на эстакаде; б – расположение электровентиляторных двигателей над крылом и под крылом и фюзеляжем<sup>1</sup>

**Fig. 3.** a – fragment of the formation of the air flow from under the shield on the flyover; b – the location of the electric fan engines above and under the wing and fuselage

Управление летательным аппаратом (ЛА) осуществляется АСУ «Пилот» в автоматическом режиме по программе бортового программно-технического комплекса на основе компаса магнитного курса (так называемой «авиационной курсовертикали»). В подпольном пространстве нижней рамы размещены механизмы подвесок неубирающихся колес шасси, водил и токосъемников, системы кондиционирования воздуха, отопления салона, вентиляции, проложены пневмогидромагистральные трубопроводы, кабели, система регулирования движения и другие коммуникационные элементы.

Предлагаемая компоновка конструкций экранолета движется по ровной эстакаде с тремя криволинейными направляющими эллиптической формы, образуя общий эллипс конструкции. Такая компоновка конструкции экранолета имеет низкую чувствительность от неровности экранной поверхности. Поперечный разрез эстакады показан на рис. 4.



**Рис. 4.** Поперечный разрез трассы экранолета

**Fig. 4.** Cross section of the aerodynamic ground-effect craft route

<sup>1</sup> Разработано автором

Экранолет на эстакаде должен быть легким и в то же время прочным, технологичным в изготовлении, надежным в эксплуатации. Наконец, он должен быть дешевым. Все это необходимо для выполнения порой взаимоисключающих требований (рис. 5).



*Рис. 5. Фрагмент общего вида высокоскоростной магистральной трассы и транспортного устройства*

*Fig. 5. Fragment of the general view of the high-speed highway and transport device*

Таким образом, создана новая аэродинамическая компоновка экранолета, которая является воплощением в экранную аэродинамику схемы на эллиптической форме эстакады [14].

В качестве конструкционных материалов для строительства экранолетов рекомендуется применять алюминиевые сплавы, композиционные материалы, стеклоткани и авиационную фанеру. Большая часть конструкции корпуса, крыльев и оперения изготавливается из алюминий-магниевого сплава, обладающего относительно высокими значениями пределов текучести – около 30 кгс/мм и пределом прочности более 45 кгс/мм и имеющего хорошую пластичность, свариваемость и коррозионную стойкость. Также применяется клепочный метод соединения.

Все это выдвигает весьма высокие требования к проектированию корпусных конструкций экранолета, его весовой отдаче, обеспечению прочности и надежности.

В настоящее время успешно решаются задачи комплексной оптимизации конструкции всех элементов экранолета с точки зрения как технических возможностей, так и будущего коммерческого использования в России и за рубежом. Поэтому одной из основных задач при создании экранолета с криволинейным крылом и фюзеляжем является разработка его конструктивно-силовой схемы, в которой должны обеспечиваться:

- минимальная масса конструкции агрегатов и экранолета в целом;
- оптимальное сочетание размеров силовых элементов и конструкции полезных объемов, используемых для размещения целевой нагрузки, экипажа, оборудования, силовой установки;
- учет требований эксплуатационной и производственной технологичности изготовления конструкции;
- необходимая жесткость конструкции с учетом динамической нагрузки и средств демпфирования в целях ее статической и динамической устойчивости в полете.

Существенным отличием экранолета от самолета, с точки зрения работы энергетической установки, является то, что крейсерский режим полета проходит на малых экранных высотах, поэтому выбранные для самолетного двигателя параметры на его расчетном высотно-крейсерском режиме полета не являются оптимальными для экранолета. Другим важным обстоятельством, влияющим на выбор параметров двигателей экранолета, является обеспечение определенных параметров воздушной струи на выходе из электродвигателей на максимальном режиме при разбеге экранолета. Эти особенности работы двигателей экранолета и их компоновочных решений предъявляют специфические требования к выбору силовых установок экранолета. Вес двигателя менее 250 кг, но его мощность составляет 1560 кВт. Легкий экранолет с шестью двигателями такой мощности способен перевозить до 100 пассажиров. Он поднимает почти 10 тонн полезной нагрузки. Скорость вращения двигателя составляет всего 3,5 тысячи оборотов в минуту.

Экранолеты, как и современные летательные аппараты, отличаются высокой энергонасыщенностью, многообразием компоновочных решений, большой плотностью размещения оборудования различной вместимости и систем. Комплексный анализ сравнительных технических и ходовых характеристик авиации, высокоскоростных магистралей (ВСМ) и экранолета показан в таблице 1 [10–12].

**Таблица 1.** Сравнительная характеристика трех магистральных транспортных систем

**Table 1.** Comparative characteristics of three main transport systems

Показатели	Виды транспорта		
	ВСМ ж /д	Авиация	Экранолет
Характер прокладки	Наземный, эстакадный	Воздушный	Наземный, эстакадный
Источник энергии	Электрический	Авиац. топливо	Электрический
Скорость сообщения, км/ч	от 300–552	до 1000	до 450
Грузоподъемность, тонн	70	55	80
Вместимость вагона, чел.	70	450	от 50–500
Количество мест для сидения в вагоне, чел.	80	до 450	от 50– 500
Вес состава, около, т	80	225	35
Составность поезда, вагонов, шт.	От категории магист. до 8	1	1
Средневзвешенная стоимость 1 км линии, млн. долл. США	18	–	6
Средняя стоимость вагона, млн. долл. США	2	450	От 5-8
Потребляемая мощность, кВт/час	9800	–	4000
Эксплуатационные затраты, млн. долл. США	до 5	до 3,2	до 1,5
Уровень шума на расстоянии 25 м, децибел	до 120	–	80

Поэтому одними из основных задач создания нового вида экранолета являются разработка конструктивно-силовой схемы и выбор конструкционных материалов, которые в значительной степени определяют возможности оптимизации не только самой конструкции, но и эстакады в целом.

Преимущество предлагаемого транспортного средства определяется его экономической эффективностью, в которой важное место занимает экономичность энергетической установки. Круглосуточное движение при неблагоприятных метеорологических условиях с заданным ритмом, как в метро, можно обеспечить с помощью робототехнических комплексов (например, «Борей»). Повышение грузооборота может быть достигнута путем увеличения числа ЛА и уплотнения ритма их движения.

Таким образом, предлагаемое наземное транспортное скоростное магистральное устройство не является конкурентом автомобильному, железнодорожному и авиационному транспорту, а представляет собой самостоятельный вид транспорта. Для экранолетов гражданского назначения компоновка «составное криволинейное крыло – фюзеляж» более выгодна по сравнению с бипланной.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В предлагаемой работе предложено конструкторско-технологическое решение по проектированию экранолета на эстакаде с эллиптической формой как оптимальный вариант по продольной и боковой устойчивости.

2. Предлагается использовать робототехнические комплексы («Борей») для обеспечения круглосуточного движения при различных метеорологических условиях с заданным ритмом.

3. В качестве конструкционных материалов для строительства экранолетов рекомендуется применять алюминиевые сплавы, композиционные материалы, стеклоткани и авиационную фанеру.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров А. В., Потапов В. Д. Основы теории упругости и пластичности. Москва: Высшая школа, 1990. 400 с.
2. Белавин Н. И. Экранопланы. Ленинград: Судостроение, 1977. 232 с.
3. Васильев Э. В. Транспортные суда-экранопланы. Концепция транспортных систем на базе экранопланов. Нижний Новгород, 2008.
4. Закураев А. Ф. Концепция многофункционального высокоскоростного магистрального экранолета наземно-эстакадного исполнения // Доклады АМАН. 2023. Т. 23. № 1. С. 28–36. DOI: <https://doi.org/10.47928/1726-9946-2023-23-1-28-36>. EDN: GKSFJ.
5. Качур П. И. Аннотированный сборник патентов. Москва, 1977. № 50.
6. Качур П. И. Ростислав Алексеев. Конструктор крылатых кораблей. СПб.: Политехника, 2006. 294 с.
7. Синицын Д. Н., Маскалик А. И. Первый гражданский экраноплан. СПб.: Судостроение, 1999. 112 с.
8. Серебрянский Я. М. Влияние близости земли на аэродинамические характеристики самолета // Труды ЦАГИ. Москва: Изд. и тип. Центр. аэрогидродинамич. ин-та им. проф. Н. Е. Жуковского, 1936. Вып. 267. 38 с.

9. Панченков А. Н. Экспертиза экранопланов / А. Н. Панченков, П. Т. Драчев, В. И. Любимов. Нижний Новгород: ООО «Типография «Поволжье», 2006. 656 с.
10. Петров Г. Ф. Гидросамолеты и экранопланы России 1910–1999 гг. Издательство РУСАВИА, 2000. 243 с.
11. Тюшин В. А. Парaglаны. Первый шаг в большое небо // Мир увлечений. Москва: Издательство АСТ: Транзиткнига, 2005. 320 с.
12. Шмитц Ф. В. Аэродинамика малых скоростей / Перевод с немецкого Болонкина А. А., Кошно В. Ю. Москва: Издательство ДОСААФ, 1963. 58 с.
13. Закураев А. Ф., Кретов В. А., Лушников Н. А., Лушников П. А. Наземная высокоскоростная транспортная система, включающая многофункциональный магистральный экранолет. Патент № 2677215 от 15 января 2019 г.
14. Закураев А. Ф., Ашабоков Б. А. Теоретические основы создания экранолета с особой геометрией крыла и фюзеляжа, адаптированного на эстакаде // Доклады АМАН. 2023. Т. 23. № 2. С. 27–39. DOI: <https://doi.org/10.47928/1726-9946-2023-23-2-27-39>. EDN: SWSERH.

## REFERENCES

1. Alexandrov A.V., Potapov V.D. *Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti* [Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity]. Moscow: Higher school, 1990. 400 p. (In Russian)
2. Belavin N.I. *Ekranoplany* [Ground-effect vehicle]. Leningrad: Sudostroyeniye, 1977. 232 p. (In Russian)
3. Vasiliev E.V. *Transportnyye suda-ekranoplany. Kontseptsiya transportnykh sistem na baze ekranoplanov* [Transport ground-effect vehicle s. The concept of transport systems based on ground-effect vehicles]. Nizhniy Novgorod, 2008. (In Russian)
4. Zakuraev A.F. The concept of a multifunctional high-speed mainline an aerodynamic in ground-effect craft ground-flyover mode. *Doklady AMAN* [AMAN reports]. Nalchik, 2023. Vol. 23. No. 1. Pp. 28–36. DOI: <https://doi.org/10.47928/1726-9946-2023-23-1-28-36>. EDN: GKSFFJ. (In Russian)
5. Kachur P.I. *Annotirovannyi sbornik patentov* [Annotated collection of patents]. Moscow, 1977. No. 50. (In Russian)
6. Kachur P.I. *Rostislav Alekseyev. Konstruktor krylatykh korably* [R.E. Alekseev: Designer of winged ships]. St. Petersburg: Politekhnik, 2006. 294 p. (In Russian)
7. Sinitsyn D.N., Maskalik A.I. *Pervyy grazhdanskiy ekranoplan* [The first civil ground-effect vehicle]. St. Petersburg: Sudostroyeniye, 1999. 112 p. (In Russian)
8. Serebrisky Ya.M. Influence of the proximity of the earth on the aerodynamic characteristics of the aircraft // Proceedings of TsAGI. Moscow: Izd. i tip. Tsentr. aerogidrodinamich. in-ta im. prof. N.Ye. Zhukovskogo, 1936. Issue. 267. 38 p. (In Russian)
9. Panchenkov A.N., Drachev P.T., Lyubimov V. I. *Ekspertiza ekranoplanov* [Examination of ground-effect vehicles]. N. Novgorod: ООО «Типография «Поволжье», 2006. 656 p. (In Russian)
10. Petrov G.F. *Gidrosamolety i ekranoplany Rossii 1910–1999 gg.* [Seaplanes and ground-effect vehicles of Russia 1910–1999]. Izdatel'stvo RUSAVIA, 2000. 243 p. (In Russian)
11. Tyushin V.A. *Paraglany: Pervyy shag v Bol'shoeye Nebo* [Paragliders: The first step into the Big Sky]. *Mir uvlecheniy* [World of Hobbies]. Moscow: Izdatel'stvo AST: Tranzitkniга, 2005. 320 p. (In Russian)

12. Schmitz F.V. *Aerodinamika malykh skorostey* [Aerodynamics of low speeds] / Translation from German Bolonkin A.A., Kokhno V.Yu. Moscow: Izdatel'stvo DOSAAF, 1963. 58 p. (In Russian)

13. Zakuraev A.F., Kretov V.A., Lushnikov N.A., Lushnikov P.A. Ground high-speed transport system, including a multifunctional main aerodynamic ground-effect craft. Patent No. 2677215 dated January 15, 2019. (In Russian)

14. Zakuraev A.F., Ashabokov B.A. Theoretical foundations for the creation of an aerodynamic ground-effect craft with a special geometry of the wing and fuselage adapted on a flyover. *Doklady AMAN* [AMAN reports]. 2023. Vol. 23. No. 2. Pp. 27–39. DOI: <https://doi.org/10.47928/1726-9946-2023-23-2-27-39>. EDN: SWSERH. (In Russian)

### **Информация об авторах**

**Закураев Аслан Фуадович**, д-р техн. наук, профессор, неаффилированный автор;  
360051, Россия, г. Нальчик, ул. Пачева, 19а, кор. 3/33;  
aslanz@mail.ru

**Рябков Антон Викторович**, канд. техн. наук, доцент, Тюменский индустриальный университет;  
680032, Россия, г. Тюмень, ул. Мельникайте, 72;  
General@tsogu.ru

### **Information about the authors**

**Zakuraev Aslan Fuadovich**, doctor of technical sciences, professor, unaffiliated author;  
360051, Russia, Nalchik, 19a, cor. 3/33 Pachev street;  
aslanz@mail.ru

**Ryabkov Anton Victorovich**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Tyumen Industrial University;  
80032, Russia, Tyumen, 72 Melnikaite street;  
General@tsogu.ru