

Научная статья / Research Article

УДК 338.47

DOI: 10.36718/2500-1825-2023-2-127-134

Виктор Владимирович Прохоров¹, Владимир Иванович Пантелеев²

¹Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

²Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹prohorov.victor@yandex.ru

²vpanteleev@yandex.ru

РАЗВИТИЕ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

В статье исследуются вопросы, связанные с решением проблемы дальнейшего развития общественной транспортной инфраструктуры в городской агломерации. Изучены возможности и определены пределы развития в городах как наземной, так и подземной транспортной инфраструктуры. Сделан вывод о необходимости реформирования типовой транспортной инфраструктуры, существующей в данный момент времени. В качестве одного из направлений реформирования предлагается использовать воздушное пространство над городами, что позволит расширить потенциал транспортной инфраструктуры. Рассматриваются в качестве транспортного средства сверхлегкие вертолеты и самолеты. Обосновывается новый тип летательного аппарата, который может использоваться для организации пассажирских перевозок в городском воздушном пространстве. Сформулированы требования, предъявляемые к данному типу летательного аппарата. К предъявленным требованиям, по мнению авторов, в большей степени подходит летательный аппарат, использующий крыльчатые движители, способный обеспечить шаговую доступность при эксплуатации; низкий уровень шумности при массовом использовании; повышенный уровень безопасности. Рассмотрен один из прототипов летательных аппаратов на основе крыльчатых движителей – летательный аппарат с тремя крыльчатыми движителями цилиндрического вида. Приведены и проанализированы летные характеристики данного летательного аппарата. На этом основании сделан вывод, что данный прототип летательного аппарата можно взять в качестве основы при организации воздушных общественных перевозок в условиях городских агломераций.

Ключевые слова: реформирование, городская транспортная инфраструктура, авиатранспортное средство, крыльчатые движители

Для цитирования: Прохоров В.В., Пантелеев В.И. Развитие городского общественного транспорта на основе использования воздушного пространства // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 2. С. 127–134. DOI: 10.36718/2500-1825-2023-2-127-134

Viktor Vladimirovich Prokhorov¹, Vladimir Ivanovich Panteleev²✉

¹ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

² Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹prohorov.victor@yandex.ru

²vpanteleev@yandex.ru

URBAN PUBLIC TRANSPORT DEVELOPMENT BASED ON THE AIRSPACE USE

The paper examines issues related to solving the problem of further development of public transport infrastructure in the urban agglomeration. The possibilities are studied and the limits of development in cities of both ground and underground transport infrastructure are determined. It is concluded that it is necessary to reform the typical transport infrastructure that exists at a given time. As one of the areas of reform, it is proposed to use the airspace over cities, which will expand the potential of transport infrastructure. Ultralight helicopters and airplanes are considered as vehicles. A new type of aircraft is substantiated, which can be used to organize passenger transportation in urban airspace. The requirements for this type of aircraft are formed. To the requirements, according to the authors, an aircraft using vane propellers, capable of providing step-by-step accessibility during operation, is more suitable; low noise level for mass use; increased level of security. One of the prototypes of aircraft based on vane propellers is considered - an aircraft with three cylindrical vane propellers. The flight characteristics of this aircraft are given and analyzed. On this basis, it was concluded that this prototype of the aircraft can be taken as the basis for the organization of public air transportation in urban agglomerations.

Keywords: reforming, urban transport infrastructure, aircraft, vane propellers

For citation: Prokhorov V.V., Panteleev V.I. Urban public transport development based on the airspace use // Socio-economic and humanitarian journal. 2023. № 2. S. 127–134. DOI: 10.36718/2500-1825-2023-2-127-134



Введение. В настоящее время развитие городских агломераций в значительной мере задерживается достигнутым уровнем их транспортной инфраструктуры. Однако существующая проблема, несмотря на активную автомобилизацию населения в городских агломерациях, не разрешается. Такая ситуация характерна не только для России, где 74,23 % населения проживают в городах, но и для других государств [1].

Причины имеющихся негативных тенденций в транспортной инфраструктуре городских агломераций заключаются в том, что в городах существуют определенные территориальные ограничения

по развитию общественного наземного транспорта. Это связано с тем, что значительная доля свободной территории городов не принадлежит муниципальным образованиям, а находится в частной собственности. К сожалению, у владельцев данной земли иные планы ее использования.

Развитие подземного общественного транспорта, в свою очередь, ограничивается непосильной для муниципальных образований стоимостью строительства подземных транспортных путей, а также их дальнейшим обслуживанием. Все это в совокупности не дает должным образом обеспечить подземными транспорт-

ными коммуникациями всю территорию даже финансово успешных крупных городских агломераций.

Можно сделать определенный вывод о том, что сложившаяся городская транспортная инфраструктура достигла определенного своего предела дальнейшего развития. И сегодня становится все понятней, что необходимы новые подходы, связанные с развитием общественного транспорта в сложившихся городских агломерациях. Одним из них является решение об использовании в городских агломерациях имеющегося воздушного пространства. В настоящее время воздушное пространство практически не задействовано при пассажирских перевозках населения городов.

В этой связи необходимо отметить, что в Европейском союзе уже реализуется проект по использованию воздушного пространства городов для организации общественных перевозок. Это подтверждает обоснованность идеи о возможности развития общественного воздушного авиатранспорта в городских агломерациях России.

Цель исследования. Изучить возможности использования городского воздушного пространства совместно с наземными и подземными коммуникациями; дать оценку совокупной работы общественного транспорта, способной расширить потенциал городской транспортной инфраструктуры за счет перераспределения пассажиропотоков в городах, что в целом улучшит мобильность проживающего там населения.

Материалы и методы исследования. Идея использования воздушного транспорта в городских условиях отнюдь не нова. Ее предлагали еще в начале XX века, но из-за уровня развития существующей в тот период времени авиационной техники от реализации данной идеи отказались. Вновь потребность в ее реализации возникла, с одной стороны, под влиянием постоянного транспортно-

го коллапса, который присутствует в крупнейших городах мира, с другой стороны, из-за роста уровня технического развития авиационной техники, в том числе летательных аппаратов вертикального взлета и посадки.

В этой связи следует сказать, что необходимо ответственно подходить к выбору типов летательных аппаратов, которые можно будет использовать в условиях городских агломераций. И здесь имеются определенные трудности, которые связаны в первую очередь с техническими причинами по использованию в условиях городов суперлегких самолетов и вертолетов.

Так, самолет суперлегкого класса требует определенной взлетно-посадочной полосы с обязательным наличием необходимых инфраструктурных объектов. К ним можно отнести различного рода ангары для обслуживания и текущего ремонта авиационной техники, емкости для хранения топлива и т.д. Все это сложно иметь на достаточно ограниченных площадях городских агломераций.

Вертолет суперлегкого класса также имеет ряд недостатков. Одним из основных ограничений по их широкому использованию в городских агломерациях является значительный уровень производимого ими шума, что нежелательно в городских условиях. При этом вертолет требует наличия площадок для взлета и посадок с необходимыми техническими атрибутами. Одной из главных причин вышеприведенных недостатков самолета и вертолета является тип движителя, который в них используется. Им является дисковый движитель, рабочие органы (лопасти) которого движутся в плоскости, перпендикулярной оси вращения.

Именно использование данных движителей и вызывают такие явления, как шумность и другие. При этом увеличение мощности движителя приводит к увеличению размеров воздушного винта

(для самолетов) или несущего винта (для вертолетов), что приводит к значительному росту уровня шума и габаритов летательного аппарата. Например, диаметр несущего винта вертолета МИ-26 составляет 32 м (у МИ-8 диаметр несущего винта более 21 м) при грузоподъемности 20 т (4 т) и возможности перевозки до 100 пассажиров (24 пассажира) на дальность 800 км (400 км) [2, 3]. Используемую осевую турбину, применяемую в турбореактивных двигателях, можно отнести к этому же типу движителя. И шумность ее значительно выше, чем у воздушного и несущего винтов. В целом можно сделать вывод, что использование самолетов, вертолетов и их различных гибридов (мультикоптеров, конвертопланов и т.д.) как основа для развития городской транспортной инфраструктуры достаточно проблематична, поэтому возникает необходимость поиска новых типов летательных аппаратов, которые можно использовать в качестве транспортных средств города. Для этого необходимо сформулировать к ним ряд основных требований: шаговая доступность при их эксплуатации; низкий уровень шумности при массовом использовании; приемлемые габаритные размеры; повышенный уровень безопасности; возможность эксплуатации в беспилотном варианте; высокая экологичность летательных аппаратов при эксплуатации, производстве и дальнейшей утилизации. Возможны, конечно, и другие требования, которые следует предъявить к городскому летательному аппарату. Они могут появиться с учетом изменений как национального, так и международного законодательства. Обоснование типа летательного аппарата для применения в городах требует определенного исследования, но уже сегодня можно сказать, что уже имеются летательные аппараты, использующие иной движитель.

Так, если у вертолетов и самолетов винты (рабочие органы) движутся в

плоскости, перпендикулярной оси вращения, то у иных летательных аппаратов они описывают цилиндрическую траекторию, которая параллельна оси вращения. Их движители часто ассоциируются с ротором Дарье (тип турбины низкого давления) и ротором Савониуса (использует эффект Магнуса). Одним из интересных вариантов перспективного такого движителя, который можно применять в авиатранспортных средствах в городских условиях, является так называемый крыльчатый движитель. Он был предложен английским изобретателем Робертом Гуком еще в 1681 году.

К идее применения крыльчатого движителя в авиастроении обратились в начале XX века. Одним из первых, кто попытался данную идею реализовать на практике, стал русский инженер военного ведомства Е.П. Сверчков. Он построил при прямом финансировании Главного инженерного управления летательный аппарат, который в Петербурге на выставке новейших изобретений получил медаль, однако по ряду причин испытания летательного аппарата завершились неудачно [4].

В дальнейшем работы по использованию крыльчатых движителей в авиастроении продолжились. Были спроектированы ряд летательных аппаратов, в том числе «Сайклоджайро» (автор Е.А. Шредер); летательный аппарат инженера Страндгрена; цикложир Хэвилленда Платта; цикложир А. Рорбаха; цикложир Джона Б. Уитли; циклоплан Фредерика К. Кирстена и другие [4].

Новый интерес к использованию крыльчатых движителей возник в начале XXI века. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) стали проводиться как в ряде европейских государств, в Республике Корея, США и других странах мира, так и в Российской Федерации. Были созданы прототипы летательных аппаратов на основе крыльчатых движителей. Так, в

2012 году австрийской компанией IAT21 был спроектирован и испытан летательный аппарат общей массой 200 кг с грузоподъемностью 100 кг на дизельном двигателе [5].

В Российской Федерации достаточно активно ведутся работы в данном направлении. Например, в 2017 году Фонд перспективных исследований (ФПИ) провел конкурс по созданию прототипа летательного аппарата вертикального или сверхкороткого взлета и посадки, который должен был с помощью циклического движения лопастей использовать аэродинамическую силу.

В конкурсе участвовали десятки организаций. Наиболее известными среди них были ОАО «Московский вертолетный завод имени М.Л. Миля», ОАО «Камов», СибНИА им. С.А. Чаплыгина и другие. По результатам конкурса победителем стало ООО «Флэш-М», представлявшее научно-исследовательскую группу «Арей». Результат не был случайным. Научно-исследовательская группа «Арей» до проведения данного конкурса более 10 лет занималась данной проблематикой, поэтому имела определенные результаты по конструкторским и технологическим работам. У научной группы был определенный задел по работе, связанной с созданием летательных аппаратов с крыльчатymi двигателями [6].

Однако из-за ряда факторов организационного порядка научно-исследовательская группа «Арей» вышла из совместного проекта с ФПИ. Все это привело к аннулированию результатов проведенного конкурса. В результате и научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в данном направлении стали проводится отдельно с Фондом перспективных исследований.

Результаты исследования и их обсуждение. Деятельность ФПИ не является публичной, поэтому получить какую-то информацию о результатах НИОКР по проектированию летательно-

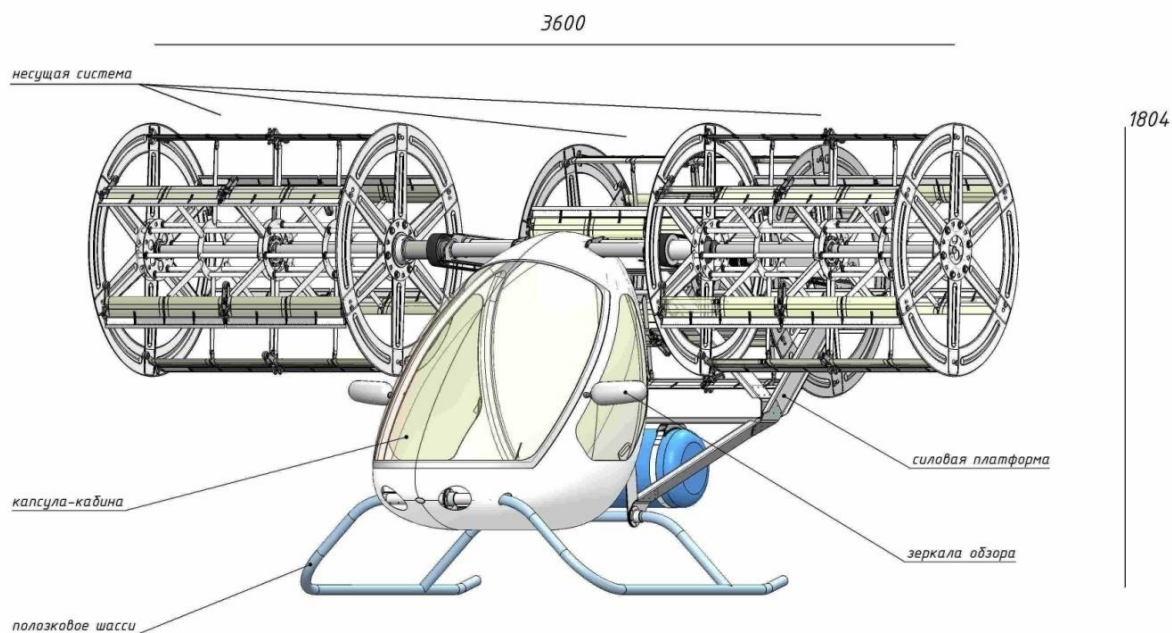
го аппарата, использующего крыльчатый двигатель, достаточно проблематично. В свою очередь, результаты по аналогичным научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам, проводимых группой «Арей», более доступны.

В частности, было заявлено, что полученные результаты по НИОКР внесли определенный вклад в основу теории по проектированию и применению крыльчатых двигателей в летательных аппаратах. Было сформировано понимание геометрических соотношений элементов ротора и числа лопастей, определены пределы регулирования углов атаки и отклонения вектора тяги. Сформировалось понимание прочностных требований к самой конструкции ротора, жесткости ее основных частей и т.д. [7].

Полученные результаты НИОКР дали возможность по конструированию авиатранспортных средств разных размерностей, которые используют крыльчатый двигатель. И здесь можно говорить как о беспилотных аппаратах, так и об авиатранспортных средствах для перевозки грузов и пассажиров общей массой до 200 т на длинные расстояния [6].

При проведении научно-исследовательской группой «Арей» научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ сформировался концептуальный образ прототипа 2-местного летательного аппарата под названием «Циклолет», который использует крыльчатые двигатели. «Циклолет» представлен 3-роторной аэродинамической схемой, где капсула-кабина, расположенная между двух передних цилиндрических роторов, оснащена ползковым шасси. В кормовой части летательного аппарата расположен третий цилиндрический ротор. За счет эксцентрикового механизма, который изменяет направление векторов тяги цилиндрических роторов, происходит управление эволюциями аппарата (рис.) [6].

трехроторная поперечная аэродинамическая схема



Авиатранспортное средство вертикального взлета-посадки «Циклолет» с несущей и тяговой системой на основе крыльчатых движителей

Стендовые испытания цилиндрических роторов на основе крыльчатых движителей позволили получить некоторые технические характеристики перспективного летательного аппарата «Циклолет». Они могут быть интересны с точки зрения использования данного перспективного авиатранспортного средства в пассажирских перевозках в городских условиях. К полученным техническим характеристикам следует отнести ряд данных.

Во-первых, наличие возможности причаливания к вертикальным плоскостям зданий, что отсутствует в современных летательных аппаратах. Все это в значительной мере расширяет потенциал его применения, то есть появляется возможность пошаговой доступности мест, где можно высаживать и принимать пассажиров.

Во-вторых, наличие возможности парковки рассматриваемого летательного аппарата на решетчатых платформах любого уровня высоты, а также контрфорсах зданий. Это увеличивает перечень мест, где может содержаться лета-

тельный аппарат до начала эксплуатации, что немаловажно для городских агломераций.

В-третьих, летательный аппарат издает при эксплуатации низкий уровень шума, который в 2–3 раза ниже вертолетного уровня шума, что для городских перевозок особенно важно.

В-четвертых, перспективное авиатранспортное средство имеет высокую точность посадки. Возможное отклонение не превышает 1 м. Это повышает безопасность перевозок в условиях города, где из-за архитектурных особенностей построенных зданий могут возникать неожиданные и порой значительные воздушные потоки воздуха, которые могут привести к потере управляемости пассажирского летательного аппарата.

В-пятых, летательный аппарат обладает уникальной устойчивостью. Он хорошо управляем при скорости ветра до 20 м/с, что дает возможность применять летательный аппарат в качестве средства перевозки пассажиров практически в любых погодных условиях, что позволяет организовывать постоянные пассажиро-

потоки в условиях городских агломераций.

В-шестых, перспективный летательный аппарат имеет высокую вертикальную скороподъемность, которая может достигать до 10 м/с, что повышает вертикальную маневренность авиационного средства, а также безопасность пассажирских перевозок в городских агломерациях.

В-седьмых, перспективное авиатранспортное средство имеет широкий диапазон скоростей при горизонтальном полете, от 0 до 200 км/ч. При этом дальность полета достигает 300 км. Наличие данной характеристики позволяет эксплуатировать авиатранспортное средство без дозаправки на значительное расстояние, что особенно важно в территориально крупных городских агломерациях. Одновременно с этим можно организовывать пригородные перевозки, которые могут составлять до сотни километров и более.

В-восьмых, рассматриваемый летательный аппарат имеет значительный эксплуатационный общий ресурс, превышающий 5000 ч. При этом наработка на отказ основных элементов данного авиатранспортного средства превышает 2000 ч. Все это дает возможность говорить об использовании авиатранспортного средства при организации постоянных пассажиропотоков в городских агломерациях и их пригородах [6].

Заключение. Следует сказать, что научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в направлении разработки перспективных летательных аппаратов, которые можно использовать при организации пассажиропотоков в городских агломерациях, необходимо продолжать. Требуется уточнение основных характеристик перспективного летательного аппарата, используемого в го-

родских условиях, а также конструктивных особенностей авиатранспортного средства. В частности, не полностью изучено, как будут влиять работающие роторы друг на друга при увеличении в летательном аппарате их количества. Поэтому полученные характеристики перспективного пассажирского летательного аппарата могут измениться. Необходимо оптимизировать габаритные размеры самих роторов. Для этого следует проводить испытания целой линейки роторов с различными поперечными и продольными размерами. Например, в 30-х годах прошлого столетия рассматривались и испытывались роторы диаметром 5–6 м.

Требуются и другие дополнительные исследования, в том числе по применению двигателей, используемых материалов и т.д. Но для этих целей необходимы определенные финансовые и временные ресурсы. Поэтому следует объединить усилия государства и специалистов в данной области для более эффективного проведения работ в направлении создания летательных аппаратов для организации постоянных пассажирских перевозок в условиях городских агломераций.

Тем не менее, есть положительные характеристики перспективного авиатранспортного средства вертикального взлета-посадки «Циклолет» с несущей и тяговой системой на основе крыльчатых движителей, что позволяет говорить о том, что предложенное конструктивное решение летательного аппарата можно сделать основой для использования в дальнейшем в городских агломерациях. Применение данного типа летательного аппарата при обслуживании пассажиропотоков в крупных городских агломерациях даст возможность создать трехмерную транспортную инфраструктуру в России.

Список источников

1. Население России // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 27.12.2022).

2. МИ-8 // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 28.12.2022).
3. МИ-26 // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 28.12.2022).
4. Циклокоптер // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения: 19.11.2022).
5. *Воронин Д.* D-Dalus – летательный аппарат нового поколения. URL: <https://craftster.ru/technologies/d-dalus-letatelnyj-apparat-novogo-pokolenija> (дата обращения: 13.01.2022).
6. Крыльчатые движители как основа авиатранспортной техники новых возможностей. От авиатранспортного средства к транспортной среде / *Л.А. Оборин, В.В. Прохоров, В.П. Мельников* [и др.]; под науч. ред. *Л.В. Оборина*. Красноярск: Изд-во СФУ, 2022. 180 с.
7. Группа «Арей». URL: <https://www.arey-group.ru> (дата обращения: 21.12.2022).

References

1. Naselenie Rossii // Vikipediya. Svobodnaya ehntsiklopediya. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (data obrashcheniya: 27.12.2022).
2. MI-8 // Vikipediya. Svobodnaya ehntsiklopediya. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (data obrashcheniya: 28.12.2022).
3. MI-26 // Vikipediya. Svobodnaya ehntsiklopediya. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (data obrashcheniya: 28.12.2022).
4. Tsiklokopter // Vikipediya. Svobodnaya ehntsiklopediya. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (data obrashcheniya: 19.11.2022).
5. *Voronin D.* D-Dalus – letatel'nyi apparat novogo pokoleniya. URL: <https://craftster.ru/technologies/d-dalus-letatelnyj-apparat-novogo-pokolenija> (data obrashcheniya: 13.01.2022).
6. Kryl'chatye dvizhiteli kak osnova aviatransportnoi tekhniki novykh vozmozhnostei. Ot aviatransportnogo sredstva k transportnoi srede / *L.A. Oborin, V.V. Prokhorov, V.P. Mel'nikov* [i dr.]; pod nauch. red. *L.V. Oborina*. Krasnoyarsk: Izd-vo SFU, 2022. 180 s.
7. Gruppa «AreI». URL: <https://www.arey-group.ru> (data obrashcheniya: 21.12.2022).

Статья принята к публикации 15.03.2023/
The article has been accepted for publication 15.03.2023.

Информация об авторах:

Виктор Владимирович Прохоров, доцент кафедры организации и управления наукоемкими производствами, кандидат экономических наук, доцент
Владимир Иванович Пантелеев, доцент кафедры логистики и маркетинга в АПК, кандидат исторических наук

Information about the authors:

Viktor Vladimirovich Prokhorov, Associate Professor at the Department of Organization and Management of Science-Intensive Industries, Candidate of Economic Sciences, Docent
Vladimir Ivanovich Panteleev, Associate Professor at the Department of Logistics and Marketing in the Agroindustrial Complex, Candidate of Historical Sciences

