УДК 338.47

В.В. Прохоров
Сибирский государственный университет науки и технологий
им. акад. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, email: prohorov.victor@yandex.ru

ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ

Ключевые слова: городская транспортная инфраструктура, авиатранспортные средства, крыльчатые движители.

Предметом исследования является изучение вопросов, связанных с решением проблемы развития транспортной инфраструктуры городских агломераций. Рассмотрены возможности и пределы дальнейшего развития наземной и подземной транспортной инфраструктуры городов. Сделан вывод о необходимости реформирования существующей типовой городской транспортной инфраструктуры. Для этого предлагается использовать воздушное пространство совместно с наземным и подземным общественным транспортом, что позволит значительно расширить потенциал существующей транспортной инфраструктуры городских агломераций. Использовать воздушное пространство городов предлагается на основе новых типов летательных аппаратов. Были сформированы основные требования, которые должны предъявляться к данным летательным аппаратам. В качестве таких летательных аппарата предлагается использовать авиатранспортные средства на основе крыльчатых движителей. Рассмотрены прототипы данных летательных аппаратов. Подробно рассмотрен летательный аппарат под условным названием «Циклолет». Приведены его летные технические характеристики. Сделан вывод о том, что данный летательный аппарат можно взять за основу для использования в городской транспортной инфраструктуре.

V.V. Prokhorov
Siberian State University of Science and Technology. Academician M.F. Reshetnev,
Krasnoyarsk, email: prohorov.victor@yandex.ru

FORMATION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN URBAN AGGLOMERATIONS

Keywords: urban transport infrastructure, air transport vehicles, wing propellers.

The subject of the study is the study of issues related to solving the problem of developing the transport infrastructure of urban agglomerations. The possibilities and limits of further development of ground and underground transport infrastructure of cities are considered. The conclusion is made about the need to reform the existing standard urban transport infrastructure. To do this, it is proposed to use the airspace together with ground and underground public transport, which will significantly expand the potential of the existing transport infrastructure of urban agglomerations. It is proposed to use the airspace of cities on the basis of new types of aircraft. The basic requirements that should be imposed on these aircraft were formed. As such aircraft, it is proposed to use air transport vehicles based on wing propellers. Prototypes of these aircraft are considered. The aircraft under the conditional name “Cyclolet” is considered in detail. Its flight technical characteristics are given. It is concluded that this aircraft can be taken as a basis for use in urban transport infrastructure.

Существующая транспортная инфраструктура в значительной степени задерживает развитие городских агломераций. При этом ситуация в транспортной сфере в городских агломерациях не улучшается несмотря на активную автомобилизацию проживающего там населения. Данные проблемы имеются не только в Российской Федерации, где в городах проживает свыше 74% всего населения страны, но они в значительной степени присутствуют и зарубежом [1].

Основной причиной существующих негативных явлений в городской транспортной инфраструктуре является то, что в населенных пунктах развитие общественного наземного транспорта ограничивается отсутствием свободного пространства. Большая часть свободной территории городов находится в частной собственности, что в значительной степени ограничивает возможности ее использования.

В свою очередь широкое применение подземного общественного транспорта

во многом ограничивается высокой стоимостью строительства подземных коммуникаций и последующим их обслуживанием. Все это не позволяет должным образом покрыть подземными коммуникациями территории даже в крупных городских агломерациях, которые можно считать финансово обеспеченными.

В целом можно сделать вывод о том, что имеющаяся транспортная инфраструктура городов достигла своего определенного предела развития. И в настоящее время становится все ясней то, что требуются новые механизмы, позволяющие дать импульс по развитию транспортной инфраструктуры городских агломераций.

Такой импульс может дать решение об использовании воздушного пространства над городами. Оно в настоящее время никак не задействовано в пассажирских перевозках городского населения.

Цель исследования

Основной целью исследования является поиск путей повышения мобильности населения в городских агломерациях за счет использования воздушного пространства. Использование воздушного пространства вместе с наземным и подземным общественным транспортом в значительной степени сможет расширить потенциал существующей транспортной инфраструктуры городов. Это даст возможность более эффективно перераспределить существующие потоки пассажиров, что в значительной степени в целом улучшит мобильность населения городских агломераций.

Материал и методы исследования

Использование воздушного пространства в городских агломерациях требует обоснования применение определенных типов летательных аппаратов. И здесь существуют определенные проблемы. Так применение в качестве летательных аппаратов в городских условиях суперлегких самолетов и вертолетов является достаточно проблематичным по ряду причин. Основной из них является техническая причина.

Самолет даже суперлегкого класса требует соответствующей взлетно-посадочной полосы. Фактически речь идет о наличии мини аэродрома, но с присутствием там обязательных инфраструктурных объектов, в том числе ангаров для текущего обслуживания, заправочных станций с наличием емкостей для хранения топлива и т.д., что достаточно сложно иметь в ограниченных территориальных условиях городских агломераций.

В свою очередь, вертолет легкого класса имеет значительно меньше недостатков присущих самолету. Основным ограничением по массовому использованию вертолетов в городских агломерациях является высокий уровень шума, что крайне недопустимо в условиях города. Кроме того, вертолет также требует наличия оборудованных площадок для посадок и взлетов хотя и в меньших размерах также с определенными необходимыми атрибутами.

Но все же в целом основной причиной недостатков как самолета, так вертолета является тип используемого ими движителя, а именно винта. Используемый винт в целом ограничивает возможности движителя, как для воздушного винта (для самолетов), так и для несущего винта (для вертолетов).

Все это позволяет сделать вывод о том, что использование самолетов, вертолетов и их гибридов (конвертопланов, мультикоптеров и т.д.) в качестве авиатранспортных средств для развития транспортной инфраструктуры в городских агломерациях на этом этапе развития техники не представляет особого интереса.

Для того, чтобы обосновать применение иных летательных аппаратов в качестве транспортных средств в городских условиях необходимо сформулировать основные требования, которые должны предъявляться к ним. Среди них можно выделить следующее.

Во-первых, это конечно обязательное наличие возможности вертикального взлета и посадки авиатранспортного средства. Это дает возможность иметь режимы зависания, горизонтального и вертикального маневрирования в ограниченном пространстве и т.д., что в городских условиях особенно важно.

Во-вторых, невысокий уровень шума, производимый при эксплуатации летательного аппарата. Низкий уровень

шума, производимый авиатранспортным средством, позволит применять их в массовом порядке в городских условиях, не нарушая медицинских и иных требований. Низкая шумность позволит сформировать постоянные воздушные пассажиропотоки.

В-третьих, компактные габариты авиатранспортного средства. Компактные размеры летательного аппарата дадут возможность организовать большее количество мест их посадки и взлета. Все это обеспечит шаговую доступность взлетно-посадочных площадок в городской агломерации, а значит и более высокую мобильность проживающего там населения.

В-четвертых, возможность парковки на контрфорсах зданий и решетчатых платформах любого уровня высоты. Это позволяет в значительной степени увеличить количество мест, где можно высаживать или принимать пассажиров авиатранспортным средством в городских агломерациях.

В-пятых, высокая степень безопасности при эксплуатации летательных аппаратов. С одной стороны, в конструкции авиатранспортного средства должно быть минимальное число опасных вращающихся частей. С другой стороны, высокая надежность эксплуатации самого авиатранспортного средства.

В-шестых, наличие аварийной автоматической спасательной системы. Она должна работать как в автоматическом, так и в полуавтоматическом режиме. Наличие спасательной системы позволит в значительной степени расширить пассажиропоток в условиях городской агломерации.

В-седьмых, возможность эксплуатировать авиатранспортное средство в режиме частичной или полной беспилотности. Наличие беспилотности позволит снизить не только издержки при эксплуатации авиатранспортного средства, но даст возможность встроить конкретный летательный аппарат в действующий пассажиропоток в городской агломерации. Такая возможность позволит снизить стоимость текущей эксплуатации авиатранспортного средства.

В-восьмых, авиатранспортное средство должно соответствовать все экологическим требованиям, предъявляемым к нему в процессе производства, эксплуатации и дальнейшей утилизации авиатранспортного средства. В летательном аппарате должны применяться только те материалы, которые безвредные для экологии городских агломераций. Фактически необходимо в значительной степени отказаться от полимерных композитных материалов.

Конечно, возможны и некоторые другие требования, которые следует предъявить к летательному аппарату в процессе его эксплуатации в городских условиях. И они, по всей видимости, еще появятся с учетом изменений национального, а также международного законодательства. Но в настоящее время вышеприведенные требования являются наиболее значимыми.

Поиск новых типов летательных аппаратов для использования их в городских условиях требует дополнительного исследования. Но уже сейчас можно сказать, что сегодня существует прототипы летательных аппаратов, которые используют другой тип движителя.

Если у самолетов и вертолетов рабочие органы (винты) движутся в плоскости перпендикулярной оси вращения, то у новых прототипов летательных аппаратов рабочие органы (лопасти) описывают цилиндрическую траекторию параллельно оси вращения. Наиболее известными среди них являются ротор Савониуса (использует эффект Магнуса) и ротор Дарье (тип турбины низкого давления).

Наиболее перспективным вариантом данного типа движителя для использования в летательных аппаратах в условиях городских агломераций является крыльчатый движитель. Его идею еще в 1681 году предложил английский изобретатель Роберт Гук.

Наиболее известными спроектированными в XX веке летательными аппаратами использующих крыльчатые движители были, в том числе: летательный аппарат инженера Страндгрена; летательный аппарат «Сайклоджайро» (автор Е. А. Шредер); цикложир Хэвиленда Платта; цикложир Джона Б. Уитли; цикложир А. Рорбаха; циклоплан Фредерика К. Кирстена; и ряд других летательных аппаратов [2].

В начале XXI века исследовательские работы по использованию крыльчатых движителей вновь начали проводится, как в Российской Федерации, так и в Европейском Союзе, Республике Южная Корея, США, Китайской Народной Республике, Израиле и ряде других стран мира. Там были спроектированы и испытаны ряд прототипов летательных аппаратов, использующих крыльчатые движители.

Наибольшего практического успеха добилась австрийская компания IAT21. В 2006 году данная компания испытала летательный аппарат на электродвигателе весом 20 кг с полезной нагрузкой 10 кг, а в 2012 году летательный аппарат с использованием дизельного двигателя общей массой 200 килограмм и с грузоподъёмностью 100 килограмм [3].

Успехи австрийской компании позволили в рамках Европейского Союза (ЕС) начать проект по развитию авиационного транспорта в городах. Появление в ЕС данного проекта подтверждает обоснованность идеи о возможности использования воздушного пространства в российских городских агломерациях при решении транспортных проблем.

Важность идеи об использовании в авиатранспорте крыльчатых движителей подтверждает и ряд решений российских государственных органов ответственных за проведение фундаментальных и прикладных исследований в стране. В частности, Фонд перспективных исследований в 2017 году организовал конкурс по проектированию и строительству демонстратора летательного аппарата вертикального или сверхкороткого взлета и посадки использующего аэродинамическую силу с помощью циклического движения лопастей.

Заявки на участие в конкурсе подали 61 претендент. Среди них были, в том числе ОАО «Камов», ОАО «Московский вертолётный завод имени М. Л. Миля», СибНИА им. С. А. Чаплыгина и ряд других организаций. Победителем конкурса стала малоизвестная организация ООО «Флэш-М», представлявшим научно-исследовательскую группу «Арей», которая имела определенный конструкторский и технологический задел по работам в данном направлении. Из-за ряда организационных и иных причин научно-исследовательской группе «Арей» пришлось выйти из участников проекта, что привело к отмене результатов проведенного конкурса.

В настоящее время работы по созданию авиатранспортного средства на основе крыльчатого движителя в Российской Федерации стали проводится в рамках Фонда перспективных исследований и научно-исследовательской группы «Арей» уже раздельно. Такая ситуация, конечно, не идет на пользу проекта по созданию в Российской Федерации авиатранспортного средства на основе использования крыльчатого движителя.

Результаты исследования и их обсуждение

Необходимо сказать, что деятельность Фонда перспективных исследований является в определенной степени закрытой с точки зрения получения информации о результатах проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию нового авиатранспортного средства на основе использования крыльчатого движителя. Но проводимые научно-исследовательской группой «Арей» научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по проектированию крыльчатых движителей для авиатранспортных средств все же являются доступными для заинтересованных лиц.

Так научно-исследовательской группой «Арей» заявлено, что в процессе НИОКР они получили ряд важных результатов, которые легли в основу теории и практики работы крыльчатых движителей. К ним можно отнести понимание роли геометрических соотношений элементов ротора и числа лопастей. Были определены пределы регулирования углов атаки и отклонения вектора тяги. Появилось понимание прочностных требований к конструкции и жесткости её частей и т.д. Все это в целом дает определенную возможность конструирования летательных аппаратов различной размерности, использующих крыльчатый движитель, в том числе от беспилотного варианта до перевозки нескольких десятков пассажиров на значительные расстояния (рис 1) [4].

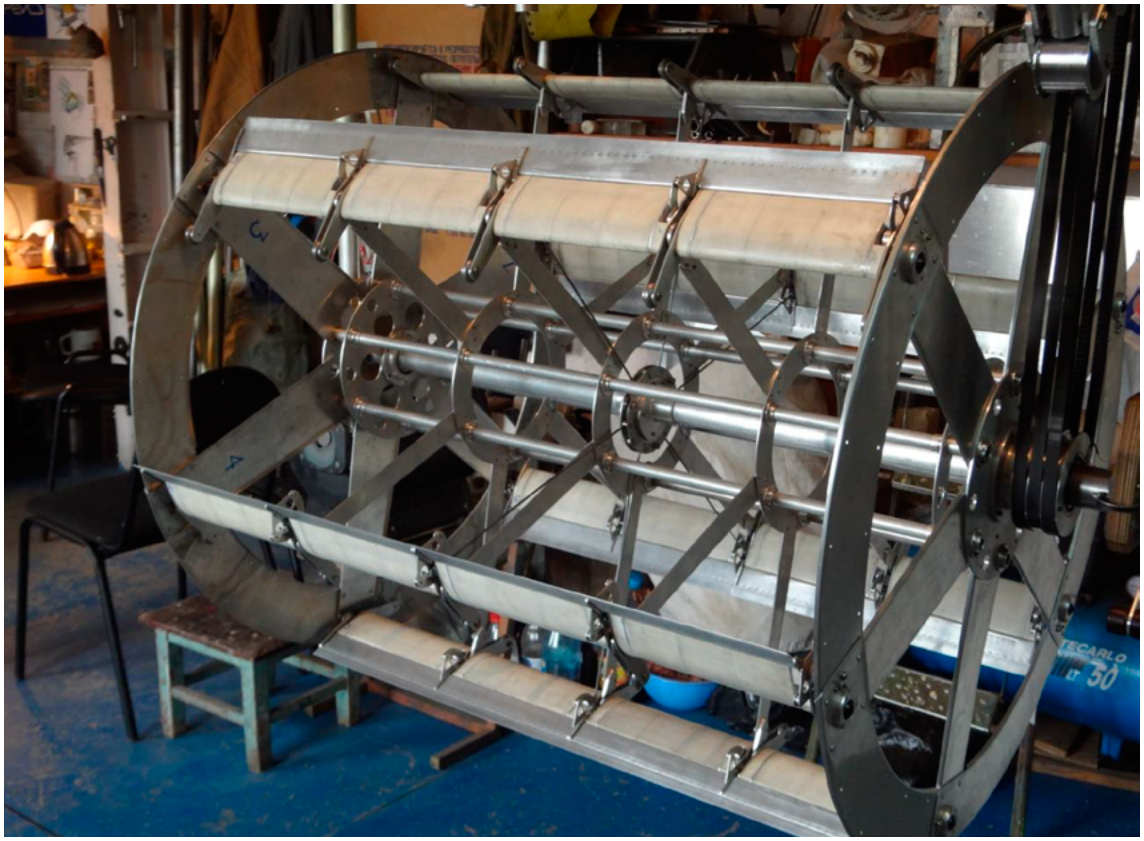

Рис. 1. Крыльчатый движитель цилиндрического вида с диаметром цилиндра 0,78 м

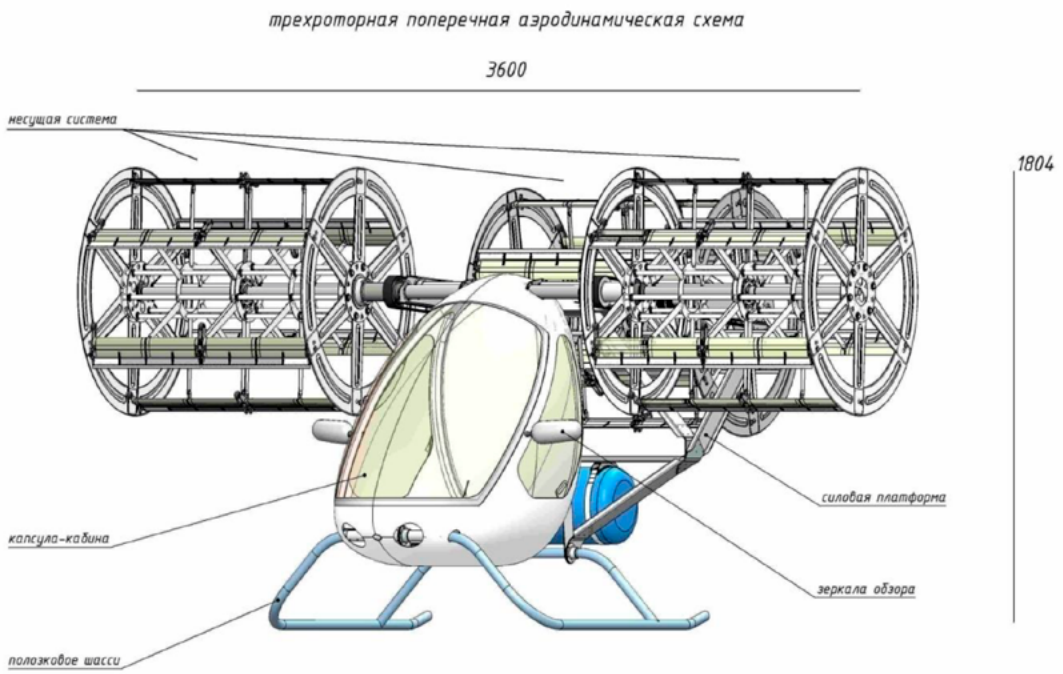

Рис. 2. Авиатранспортное средство вертикального взлета-посадки «Циклолет» с несущей и тяговой системой на основе крыльчатых движителей

В процессе проведения НИОКР научно-исследовательской группой «Арей» был предложен концептуальный образ двухместного летательного аппарата, использующего крыльчатые движители. Он получил название «Циклолет». Авиатранспортное средство имеет трехроторную аэродинамическую схему. Между двумя передними цилиндрическими роторами расположена капсула-кабина. Третий цилиндрический ротор находится в кормовой части капсулы-кабины. Авиатранспортное средство имеет полозковое шасси. Управление эволюциями аппарата, обеспечивается эксцентриковым механизмом, изменяющим направление векторов тяги цилиндрических роторов (рис.2) [5].

В процессе проведения стендовых испытаний были получены определенные летные технические характеристики перспективного авиатранспортного средства «Циклолет». К данным летным характеристикам можно отнести следующее.

Доказана возможность причаливания авиатранспортного средства «Циклолет» к вертикальным плоскостям зданий сооружений и т.д. Этого нет у современных вертолетов и других летательных аппаратов. Данная характеристика летательного аппарата в значительной степени расширяет возможности его применения и не только связанного с перевозкой пассажиров. Он может применяться и при проведении спасательных и иных работ в городских условиях.

Обоснована возможность парковки данного летательного аппарата на контрфорсах зданий, а также решетчатых платформах любого уровня высоты. Это в значительной степени увеличивает количество мест, где авиатранспортное средство может находится в ожидании начала его эксплуатации.

Авиатранспортное средство «Циклолет» при эксплуатации имеет низкий уровень шума. Данный уровень по самым осторожным оценкам в 2-3 раза ниже, чем уровень шума производимым вертолетом.

Немаловажной технической характеристикой авиатранспортного средства «Циклолет» является высокая точность посадки при сильном внешнем возмущении среды. Отклонение составит не более 1 метра, что немаловажно в городских условиях.

Еще одной уникальной технической особенностью авиатранспортного средства «Циклолет» является высокая устойчивость и способность управления при скорости ветра до 20 м/сек. В городских условиях, где из-за особенностей архитектуры могут возникать определенные и порой неожиданные потоки воздуха в самое неудобное время, что способно привести к потере управляемости авиатранспортного средства.

Было доказана, что вертикальная скороподъемность авиатранспортного средства «Циклолет» может составлять до 10 м/сек. Для городских агломераций данная характеристика является также важной.

Технической особенностью авиатранспортного средства «Циклолет» является возможный диапазон скоростей в горизонтальном полете от 0 до 200 км/час с дальностью свыше 300 километров. Это позволяет не только эксплуатировать летательный аппарат без дозаправки на более длительное расстояние в условиях городской агломерации. Но это позволяет организовывать и пригородные перевозки, что не менее важно в современных условиях городов.

Был экспериментально обоснован общий ресурс эксплуатации авиатранспортного средства «Циклолет», который составил свыше 5000 часов. Была определена и наработка на отказ основных элементов. Она составила свыше 2000 часов. Данные характеристики позволяют говорить о возможности использования летательного аппарата «Циклолет» для организации постоянных маршрутов при перевозке пассажиров в условиях городских агломераций [5].

Выводы

Вышеприведенные основные характеристики авиатранспортного средства «Циклолет» не являются окончательными. Необходимы дополнительные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Не полностью еще изучены влияния друг на друга работающих роторов, а при увеличении их количества в летательном аппарате данные характеристики могут измениться. Не-

обходимо еще оптимизировать габаритные размеры самих роторов и т.д.

Для проведения дополнительного НИОКР необходимы финансовые ресурсы и время. Поэтому следует объединить усилия государства и специалистов в данной области для более эффективного проведения работ.

Полученные характеристики летательного аппарата вертикального взлета-посадки «Циклолет» с несущей и тяговой системой на основе крыльчатых движителей позволяют сделать вывод о том, что данное конструктивное решение перспективного авиатранспортного средства можно взять за основу для использования его в городских условиях. Его широкое использование в городских агломерациях позволит сформировать городскую транспортную инфраструктуру нового типа и не только в Российской Федерации, но и за ее пределами.

Библиографический список

1. Население России. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Население_России (дата обращения: 17.12.2022).

2. Циклокоптер. [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Циклокоптер (дата обращения: 19.11.2022).

3. Воронин Д. D-Dalus – летательный аппарат нового поколения. [Электронный ресурс]. URL: https: //craftster.ru/technologies/d-dalus-letatelnyj-apparat-novogo-pokolenija/ (дата обращения: 13.12.2022).

4. Группа «Арей». [Электронный ресурс]. URL: https://www.arey-group.ru (дата обращения: 21.12.2022).

5. Оборин Л.А., Прохоров В.В., Мельников В.П. и др. Крыльчатые движители как основа авиатранспортной техники новых возможностей. От авиатранспортного средства к транспортной среде: монография / под науч. ред. Л.В. Оборина. Красноярск: Сиб. фед. ун-т., 2022. 180 с.