

УДК 656.7

DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-6-40-52

Обоснование рациональных требований к самолетам местных воздушных линий России на основе моделирования авиатранспортной системы с учетом перспективных критериев эффективности

С.Ф. Егошин¹, А.В. Смирнов¹

*¹Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского,
г. Жуковский, Россия*

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы рационального выбора наиболее эффективных самолетов для местных авиалиний России в целях устранения транспортной дискриминации населения регионов РФ в части местного сообщения. В силу значительных финансовых затрат создание местных воздушных линий целесообразно только в тех субъектах РФ, где организация недорогого наземного сообщения невозможна: большая часть таких субъектов относится к труднодоступным территориям Северо-Западного, Уральского, Сибирского и Дальневосточного Федеральных округов России, и данная проблема может затрагивать интересы вплоть до 14 млн человек. Рассматривается задача минимизации суммарных затрат на организацию перспективной авиатранспортной системы местных перевозок (включая затраты на аэропортовую инфраструктуру) путем выбора рационального парка эксплуатируемых самолетов с учетом требований к качеству обслуживания пассажиров. Как критерий качества местной перевозки рассматривается максимальное время местной поездки. Приводятся результаты расчетов для трех- и четырехтипного парков воздушных судов. Показано, что применение современных самолетов с уровнем технического совершенства, соответствующим Pilatus PC-12NG, позволяет снизить уровень транспортной дискриминации почти до нулевых значений, в том числе при достаточно жестких ограничениях на максимальное время местной поездки 2 часа. При этом повышение крейсерской скорости до более чем 400 км/ч актуально только для самолетов вместимостью не более 9 пассажиров. Для более крупных самолетов (типа L-410) данный вопрос повышения скорости скорее второстепенен, поскольку данные воздушные суда обслуживают авиалинии протяженностью не более 800 км. При этом общий парк применяемых авиатранспортных средств оценивается в 250–300 воздушных судов. Полученные результаты могут быть использованы при формировании требований к перспективным самолетам местных воздушных линий.

Ключевые слова: транспортная доступность, местное сообщение, минимальный социальный транспортный стандарт, транспортная дискриминация населения, местные воздушные линии.

Для цитирования: Егошин С.Ф., Смирнов А.В. Обоснование рациональных требований к самолетам местных воздушных линий России на основе моделирования авиатранспортной системы с учетом перспективных критериев эффективности // Научный Вестник МГТУ ГА. 2022. Т. 25, № 6. С. 40–52. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-6-40-52

Justification of rational requirements for aircraft of Russian regional aviation based on modeling of the air transport system considering perspective efficiency criteria

S.F. Egoshin¹, A.V. Smirnov²

¹Central Aerohydrodynamic Institute, Zhukovsky, Russia

Abstract: The article addresses the issues of judicious choice of the most efficient aircraft for regional aviation of Russia for the purpose of eliminating transport discrimination of the population of the Russian Federation regions in terms of local traffic. Due to the high financial costs, the development of regional aviation is viable only in those constituent entities of the Russian Federation where the development of low-cost ground transportation is not feasible: most of these Russian Federation regions are attributed

to the remote territories of the North-Western, Ural, Siberian and Far Eastern Federal Districts of Russia, therefore, this concern may affect the perspectives of up to 14 million people. The problem of minimizing the total costs to develop an advanced air transport system of local transportation (including airport infrastructure costs) is considered by selecting a well-targeted fleet of operated aircraft, taking into consideration the requirements for the quality of passenger service. The maximum local travel time is regarded as a quality criterion of local transportation. The calculation results for three- and four-type aircraft fleets are given. It is shown that the use of modern high-technology aircraft similar to the Pilatus PC-12NG allows us to reduce the level of transport discrimination almost to zero values, including sufficiently strict restrictions regarding the maximum local travel time of “2 hours”. At the same time, the increase of cruising speed up to more than 400 km/h is relevant specifically for aircraft with a capacity of no more than 9 passengers. For larger aircraft (type L-410), the issue of increasing speed is rather minor, since these aircraft are operated on flight distances of no more than 800 km. Concurrently, the total fleet of air transport vehicles in service amounts to 250–300 aerial vehicles. The obtained results can be used to specify the requirements for the advanced aircraft of local airlines.

Key words: transport accessibility, domestic air service, minimum social transport standard, transport discrimination of population, local airlines.

For citation: Egoshin, S.F. & Smirnov, A.V. (2022). Justification of rational requirements for aircraft of Russian regional aviation based on modeling of the air transport system considering perspective efficiency criteria. Civil Aviation High Technologies, vol. 25, no. 6, pp. 40–52. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-6-40-52

Введение

Настоящая работа посвящена поиску рациональных требований к самолетам местных воздушных линий (МВЛ), которые способствовали бы снижению затрат на организацию местного авиасообщения в отдаленных и труднодоступных районах России при одновременном повышении качества обслуживания пассажиров. Актуальности решения данной проблемы посвящено достаточно много современных работ [1–7]. МВЛ не являются коммерчески привлекательным видом деятельности в силу значительных затрат на перевозку одного пассажира [8]. Однако повышение качества воздушного сообщения, в том числе благодаря государственной поддержке, отмечается как непереносимое условие перехода к перспективной российской авиатранспортной системе (АТС), отвечающей установленным социальным стандартам транспортной доступности [9–12]. Аналогичный подход характерен и для зарубежных стран, в которых большая площадь территории в сочетании с низкой плотностью населения приводит к возникновению проблемы повышения уровня жизни [13, 14].

В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года одним из требований к качеству перевозки как предоставляемой услуги указано время совершения поездки. Ранее было показано [15], что в ка-

честве подобного требования может быть введен так называемый минимальный социальный транспортный стандарт (МСТС), который в числе прочих параметров может определять максимальную продолжительность поездки $T_{\text{МСТС}}$ в местном сообщении – время поездки из любого населенного пункта субъекта РФ (в данной работе административного центра района) в его столицу (областной центр).

Введение в рассмотрение МСТС приводит к разбиению территории региона на три зоны (в общем случае, рис. 1):

- зона 1 (ближняя к столице региона), где организация местного сообщения возможна с учетом соблюдения МСТС, с применением наземных или водных видов транспорта как наиболее экономичных;
- зона 2, где соблюдение МСТС невозможно при организации местного сообщения с применением только наземного (водного) транспорта, однако данный стандарт может быть выполнен при организации МВЛ;
- зона 3, где соблюдение МСТС невозможно даже при задействовании авиации.

К субъектам РФ, где необходима организация МВЛ, могут быть отнесены: республики Бурятия, Алтай, Коми, Саха (Якутия), Хакасия; Алтайский, Красноярский, Приморский, Хабаровский, Камчатский, Забайкальский края; Амурская, Архангельская, Вологодская, Иркутская, Костромская, Магадан-



Рис. 1. Разбиение территории региона на зоны при введении МСТС
Fig. 1. The zone segmentation of a regional territory using the standard MSTC

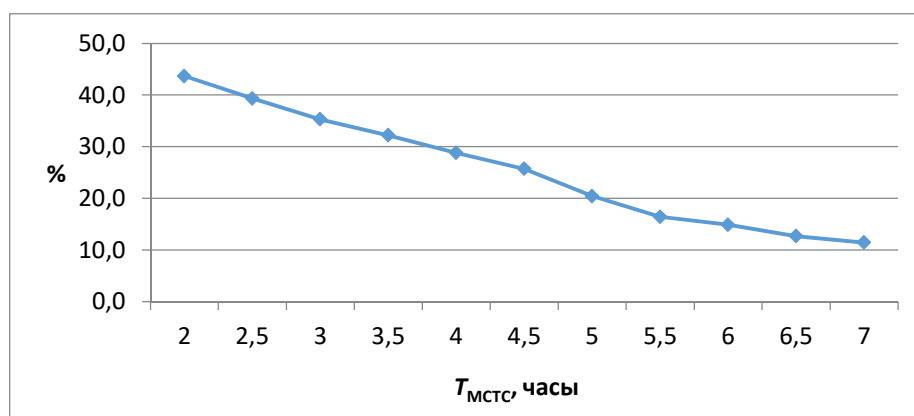


Рис. 2. Доля населения в отдаленных регионах России, подверженного транспортной дискриминации в местном сообщении в отсутствие МВЛ
Fig. 2. The proportion of the population in remote regions of Russia subjected to transport discrimination in domestic air service in the absence of local airlines

ская, Мурманская, Новосибирская, Омская, Оренбургская, Сахалинская, Томская, Тюменская области, а также рассматриваемые отдельно Ненецкий, Долгано-Ненецкий, Ханты-Мансийский, Чукотский, Ямало-Ненецкий округа. Численность населения, проживающего в этих регионах, по данным на 2015 год, составляет более 32 млн человек. На рис. 2 представлено изменение доли населения, подверженного в этих регионах транспортной дискриминации в местном сообщении в отсутствие МВЛ.

Как можно видеть из рис. 2, в зависимости от T_{MSTC} в зоны 2 и 3 попадает 10–40 % населения. Иными словами, организация местных перевозок с уровнем качества, удовлетворяющим МСТС, может затрагивать

интересы 3–14 млн человек. Для этой части населения, в силу географических размеров и сложных природно-климатических факторов в регионе, зачастую единственным приемлемым решением будет организация МВЛ. Отсюда организация МВЛ является государственной задачей, требующей выработки наиболее рациональных решений с точки зрения затрат.

Модель затрат авиатранспортной системы, исходные данные

Уточнение требований к перспективным воздушным судам (ВС) местных авиалиний выполняется в рамках т. н. прямого самолет-

ного сценария перевозок пассажиров на МВЛ, при котором между областным аэропортом и удаленными региональными аэропортами (в рамках модели – расположенными в районных административных центрах) организуются

прямые беспосадочные рейсы. В качестве ВС рассматриваются только самолеты как более экономичный тип по сравнению с вертолетами. Упрощенная функция затрат за период времени подобной АТС имеет вид

$$C_{\Sigma} = \min \sum_i \sum_j \left(C_{РЕЙСj}(x_i, L_i) \times n_{РЕЙСj}(x_i, L_i) + C_{АПj}(l_i) \right), \quad (1)$$

где суммирование по i соответствует сумме затрат по всем местным авиалиниям;

суммирование по j соответствует количеству типов ВС в парке;

x_i, L_i – пассажиропоток и протяженность рассматриваемой i -й авиалинии соответственно;

$C_{РЕЙСj}$ – стоимость рейса j -го ВС;

$n_{РЕЙСj}$ – количество рейсов j -го ВС на линии;

$C_{АПj}(l)$ – затраты на аэропорт для j -го ВС в зависимости от длины ВПП l_i .

Здесь

$$n_{РЕЙСj}(x_i, L_i) = 365 / t_{РЕГ} \times \left\lceil \frac{x_i}{365 / t_{РЕГ} \times N_j(L_i)} \right\rceil, \quad (2)$$

где $t_{РЕГ}$ – регулярность рейсов, задаваемая нормативно как результат государственной политики в сфере регулирования местных авиаперевозок;

$N_j(L_i)$ – вместимость j -го ВС в зависимости от протяженности авиалинии;

округление вверх $\lceil \cdot \rceil$ – соответствует количеству рейсов.

Выборка авиалиний соответствует районам, попадающим в зоны 2 и 3. Граница между зонами 1 и 2 определяется из условия

$$\frac{L_i}{V_{наз}} \leq T_{МТС}, \quad (3)$$

где $V_{наз}$ – скорость движения наземных транспортных средств типа автобус (задавалась равной 50 км/ч). Считается, что для осуществления местной перевозки между районным центром, попадающим в зону 1, и центром субъекта РФ организация МВЛ не требуется.

При невыполнении же условия (3) полагается, что местная авиалиния должна существовать. Если при этом для некоторого j -го ВС в парке выполняется условие (зона 2)

$$\frac{L_i}{V_j} + \Delta t_j \leq T_{МТС}, \exists j, \quad (4)$$

то считается, что для соответствующего пассажиропотока x_i норматив $T_{МТС}$ выполняется (здесь V_j – крейсерская скорость j -го ВС, Δt_j – поправочное время, связанное с выполнением наземных операций, взлетом/посадкой, набором высоты и т. д.). Если же условие (4) не выполняется для любого ВС в парке, x_i включается в множество пассажиров $\{x_i^0\}$, подверженных дискриминации (зона 3).

Ранее, в [15] уровень транспортной дискриминации задавался как отношение суммарного пассажиропотока на множестве пассажиров $\{x_i^0\}$ к общей численности населения регионов, где организуется местное сообщение. В настоящей работе предлагается средний уровень транспортной дискриминации рассчитывать следующим образом:

$$Z = \frac{\sum x_i^0}{\sum x_i}. \quad (5)$$

Таблица 1
Table 1

Технико-экономические характеристики рассматриваемых ВС
Technical and economic characteristics of the aerial vehicles under consideration

	Ед. изм.	М-101Т «Гжель»	«Рысачок»	L-410UVP-E	PC-12NG
Экипаж	чел.	1	2	2	1
Кол-во двигателей	шт.	1	2	2	1
Тип двигателей		M601	M601	M601	PT6A-67
Удельный расход топли- ва 1 двигателя	кг/кВт·ч	0,395	0,395	0,395	0,3
Максимальная взлетная масса	кг	3270	5000	6600	4740
Масса пустого	кг	2020	2770	4050	2800
Максимальная полезная нагрузка	кг	540	1570	1800	1209
Крейсерская скорость	км/ч	380	270	300	480
Максимальное количе- ство пассажиров	чел.	6	9	19	9
Дальность полета при максимальной полезной нагрузке	км	900	1525	450	2000
Стоимость ВС	млн долл.	1,8	2,0	5,0	4,4
Назначенный ресурс	л. ч.	15000	15000	20000	20000
Потребная длина ВПП	м	900	770	1000	1067

Такое определение уровня транспортной дискриминации представляется более корректным, поскольку оно отражает качество организации именно авиасообщения.

Расчет прочих величин, входящих в (1) (стоимости рейса ВС МВЛ, пассажиропотоков, затрат на аэропортовую инфраструктуру), подробно изложен в [16] и строится на основе доступных статистических данных. В частности, в качестве основных варьируемых составляющих стоимости летного часа ВС берутся затраты на топливо, фонд оплаты труда летного персонала, стоимость владения, затраты на техобслуживание и ремонт. При этом, поскольку потребный парк ВС рассматриваемой АТС составит несколько сотен самолетов [9, 17], влиянием масштаба парка ВС на стоимость его эксплуатации можно в первом приближении пренебречь. Касательно инфраструктуры учитывается наличие в рай-

онном центре аэропорта МВЛ (при необходимости – с затратами на удлинение взлетно-посадочной полосы) или же его строительство с амортизацией затрат за период до капитального ремонта.

Также вводится дополнительное ограничение: если суточный пассажиропоток авиалинии в одну сторону достигает 40 человек (это условно соответствует региональному самолету), она исключается из выборки, поскольку такую авиалинию выгоднее обслуживать более крупными ВС (вместимостью более 19 пассажиров).

Моделирование проводится в ценах 2015 г. (в т. ч. пересчет курса доллара США).

В качестве варьируемого параметра АТС рассматривается норматив времени $T_{\text{МТС}}$ совершения поездки из районного аэропорта в аэропорт центра субъекта РФ. Время на совершение наземного этапа поездки (т. е. от

аэропорта до населенных пунктов) не учитывается. Другой норматив t_{PEG} задается для перспективной АТС фиксированным и равным 1 рейс/день [11].

В вышеуказанной постановке задачи входящие в (1) параметры становятся независимыми, что существенно облегчает ее решение, позволяя для каждой авиалинии выбирать то ВС, при котором достигается минимум затрат на авиалинии с учетом затрат на инфраструктуру. Варианты АТС рассчитываются на основе парка следующих самолетов МВЛ (табл. 1)^{1,2,3,4}.

Результаты моделирования

В процессе моделирования при различных значениях времени поездки T_{MCTC} учитываются два критерия эффективности АТС: уровень транспортной дискриминации Z и суммарные затраты на создание и функционирование АТС. Причем уровень транспортной дискриминации считается приоритетным.

При заданном стандарте времени поездки T_{MCTC} общими для всех вариантов АТС, т. е. независимо от выбора парка ВС и наземной инфраструктуры, будут объемы авиаперевозок и структура сети (рис. 3–4).

Как и следовало предполагать (рис. 3–4), ужесточение стандарта T_{MCTC} ведет к росту количества авиалиний и количества перевозимых авиапассажиров, что обусловлено ростом количества районных административных центров, обслуживаемых АТС.

Особенности структуры оптимизированной АТС представлены на рис. 5–6.

Основное количество рейсов (рис. 5) осуществляется самолетами небольшой вместительности, что в первую очередь связано с заданным стандартом обслуживания $t_{PEG} = 1$ рейс/день. При этом наблюдается достаточно четкое разделение рейсов на две группы: протяженностью до 800 км и более 800 км как границы применения L-410. Такая особенность разбиения связана прежде всего с уменьшением плотности населения с удалением от столицы. Отсюда, если считать, что наиболее рациональное значение МСТС – это 4 часа [15], тогда согласно формуле (4) увеличение крейсерской скорости до значений более 400 км/ч имеет первостепенное значение только для ВС вместительностью не более 9 мест.

Анализ рис. 6 показывает, что с ужесточением МСТС рост численности ВС, как очевидное следствие роста количества обслуживаемых пассажиров, происходит неравномерно для разных типов ВС. Это связано как с сокращением времени поездки (замена на ВС с большей скоростью полета), так и с ростом пассажиропотока (замена на ВС с большей пассажироместимостью). Сравнение численностей в парке 9-местных самолетов (PC-12 и «Рысачок») показывает, что PC-12 с крейсерской скоростью, значительно превосходящей крейсерскую скорость «Рысачка», вытесняет последний из парка. В целом же доля самолета PC-12 в парке при $T_{MCTC} \geq 4,5$ часа превышает 50 %.

Эффективность применения самолета PC-12 может быть продемонстрирована путем расчета показателей АТС при наличии данного ВС и при его отсутствии в парке (рис. 7–8).

В обоих случаях (рис. 7) уровень транспортной дискриминации Z оказывается невысоким даже при достаточно жестких значениях МСТС. Это говорит о том, что построение перспективной АТС на основе современных самолетов МВЛ позволяет в значительной степени решить проблему транспортной доступности населения в отдаленных и труднодоступных районах страны при наличии достаточного финансирования. Хотя с ужесточением МСТС все больше пассажиров попадает в зону 3, общее их количество невелико:

¹ Техническое предложение на самолет «Рысачок» НКФ «Техноавиа» [Электронный ресурс] // airwar.ru. 2007. URL: <http://www.airwar.ru/enc/la/rysachok.html> (дата обращения: 12.03.2022).

² РЛЭ самолета М-101Т «Гжель». М., 2002. 364 с.

³ РЛЭ самолета L-410UVP-E20. Министерство Гражданской авиации СССР, 1985. 286 с.

⁴ Pilatus PC-12 NG. Just the facts [Электронный ресурс] // Pilatus Aircraft Ltd., P.O. Box 992, 6371 Stans, Switzerland. URL: <http://www.westair.com/wp-content/uploads/2013/12/Just-the-Facts.pdf> (дата обращения: 12.03.2022).

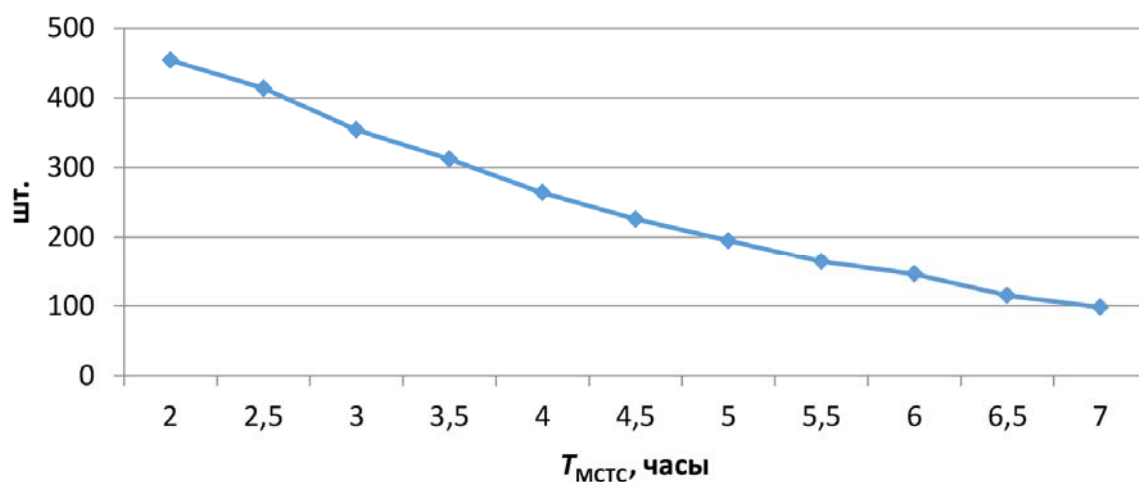


Рис. 3. Количество авиалиний
Fig. 3. The amount of airlines

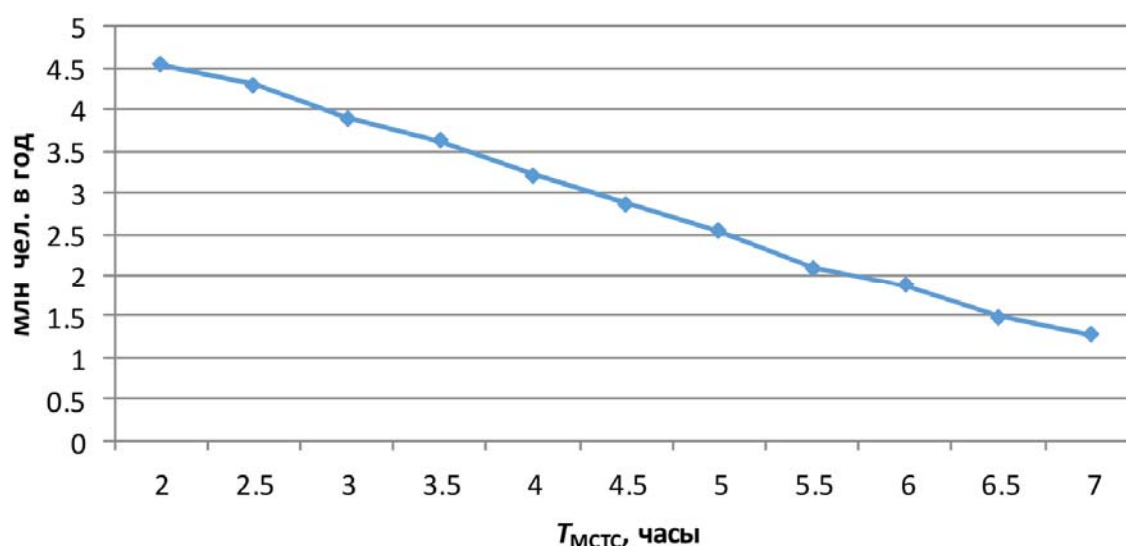


Рис. 4. Количество перевезенных пассажиров
Fig. 4. Passenger traffic

например, для трехтипного парка при $T_{MCTC} = 4$ часа транспортной дискриминации будут подвергаться 42 тыс. пассажиров, а при $T_{MCTC} = 2$ часа это количество возрастет всего в ≈ 5 раз. Применение же более скоростного РС-12 приводит к уменьшению уровня транспортной дискриминации почти до нулевого значения вплоть до достаточно жесткого ограничения на время поездки $T_{MCTC} = 3$ часа.

Также в обоих случаях (рис. 8) уменьшение удельных затрат на перевозку одного пассажира при ужесточении МСТС вплоть до

$T_{MCTC} = 3,5$ часа связано с увеличением в парке количества более вместительных L-410. Рост удельных затрат на перевозку одного пассажира при дальнейшем ужесточении МСТС вызван необходимостью замены части самолетов L-410 на более скоростные, но менее вместительные М-101 или РС-12.

В то же время, несмотря на кратное увеличение стоимости РС-12 относительно аналогичного по вместимости «Рысачка», уменьшение удельных затрат на перевозку одного пассажира при применении РС-12 до-

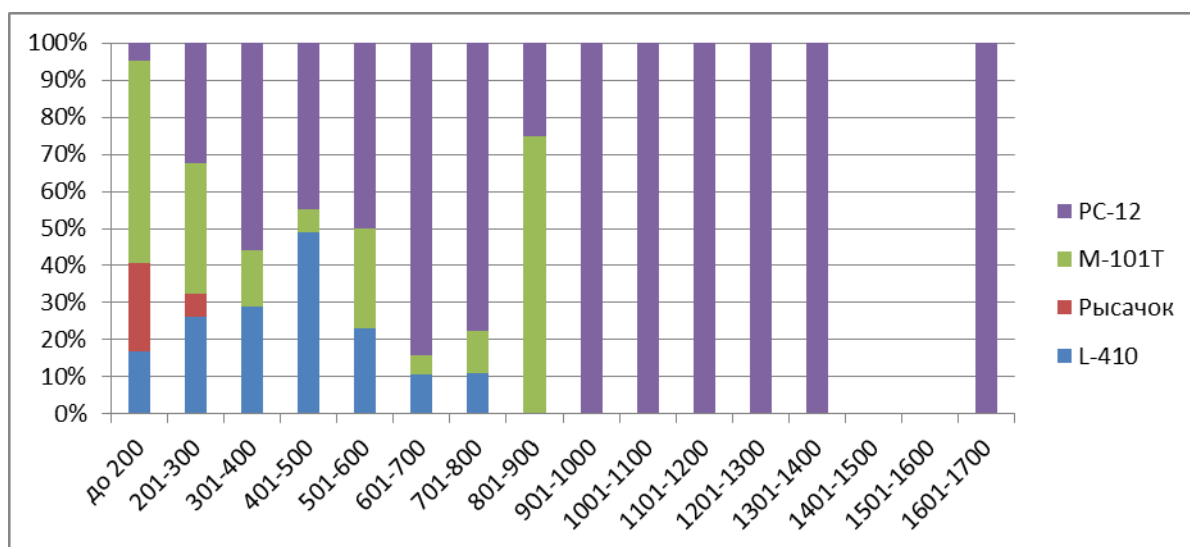


Рис. 5. Распределение количества парных рейсов по дальности авиалинии (км) при ТМСТС = 2 часа
Fig. 5. Distribution of the paired flights amount based on the airline range (km) with TMSTS = 2 hours

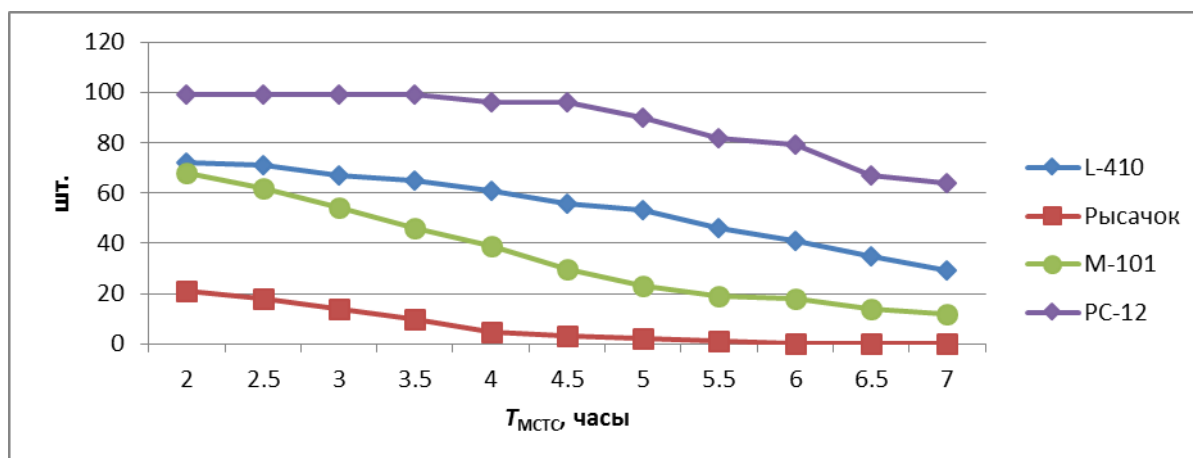


Рис. 6. Потребное количество ВС
Fig. 6. The required amount of aerial vehicles

стигается за счет (см. табл. 1) улучшения топливной эффективности, снижения численности экипажа (один пилот вместо двух), увеличения назначенного ресурса. Соответствующие данным факторам затраты, отнесенные к меньшему полетному времени (благодаря большей крейсерской скорости), дают общее снижение затрат на 3–8 %, даже несмотря на увеличение затрат на инфраструктуру, обусловленное большей потребной длиной ВПП самолета PC-12. Кроме того, наличие в парке PC-12 уменьшает суммарное

потребное количество ВС, делая их применение более эффективным с точки зрения количества перевезенных пассажиров на одно воздушное судно (причина вытеснения M-101 и L-410).

Выбор аэропортов и структура общих затрат в АТС для обоих парков различаются слабо и могут быть проиллюстрированы на примере четырехтипового парка (рис. 9–10).

С ужесточением МСТС количество задействованных в перевозках новых аэропортов растет значительно быстрее, чем задейство-

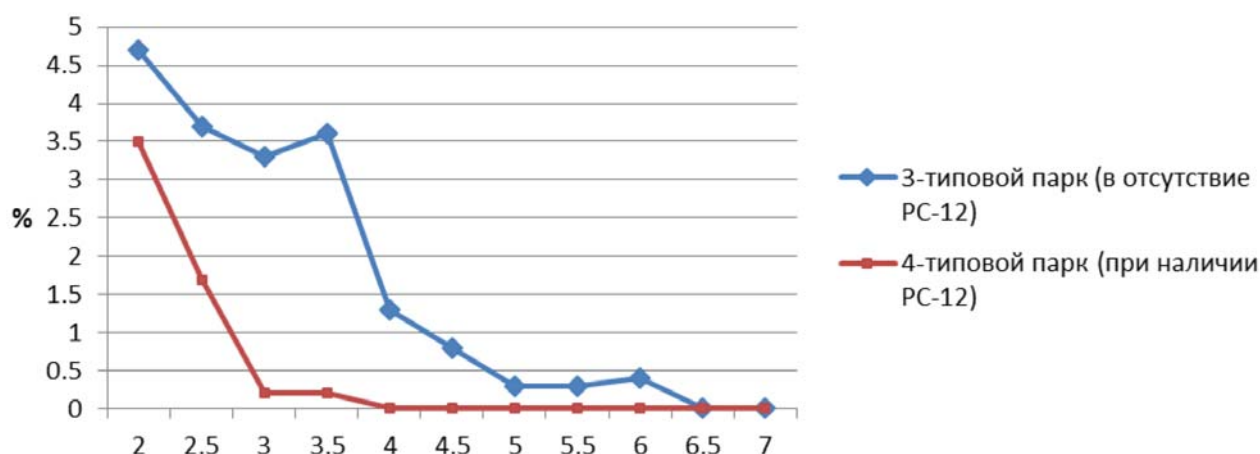


Рис. 7. Изменение уровня транспортной дискриминации Z
Fig. 7. Change in transport discrimination level Z

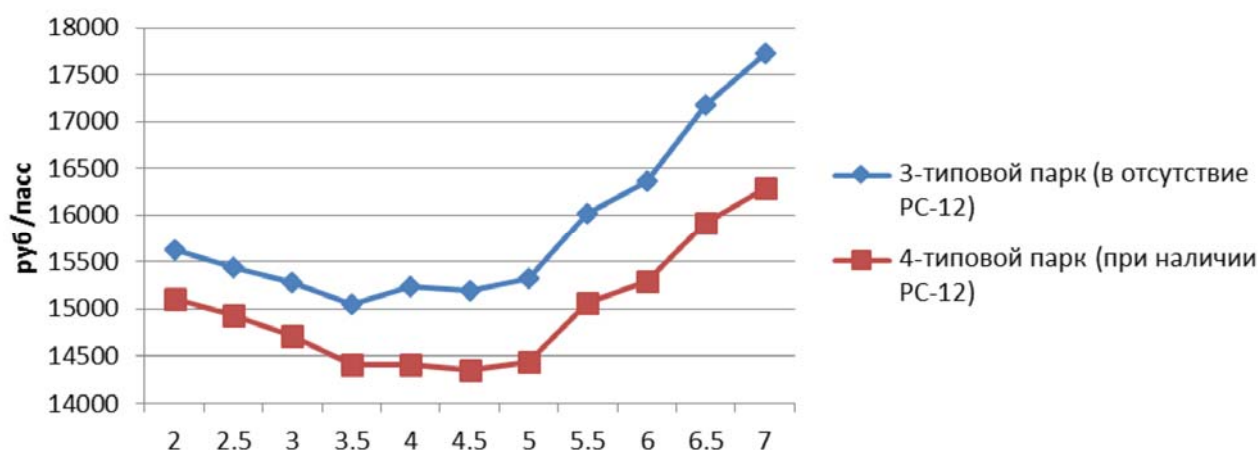


Рис. 8. Изменение удельных затрат на перевозку пассажира
Fig. 8. Change in the costs per unit of passenger transportation

ванных существующих (рис. 9). Это обусловлено следующим: чем ближе к столице находится район, тем более развиты в настоящее время другие, неавиационные типы местных перевозок; ужесточение же стандарта потребует в этой зоне дальностей дополнительного развития инфраструктуры именно авиационного транспорта.

Возрастание доли затрат на инфраструктуру (рис. 10) связано именно с ростом количества районных аэропортов. Эта доля в общих затратах на организацию АТС увеличивается с 35 % при $T_{\text{МСТС}} = 7$ часов до > 50 % при $T_{\text{МСТС}} = 2$ часа.

Заключение

Обеспечение транспортной доступности населения в отдаленных и труднодоступных районах страны может затрагивать интересы большого количества граждан РФ: без применения авиации и при достаточно жестком ограничении на максимальное время поездки «2 часа» транспортной дискриминации было бы подвергнуто около 40 % населения этих субъектов РФ, т. е. почти 14 млн человек.

В то же время использование современных ВС позволяет организовать авиатранспортную систему МВЛ в субъектах России,

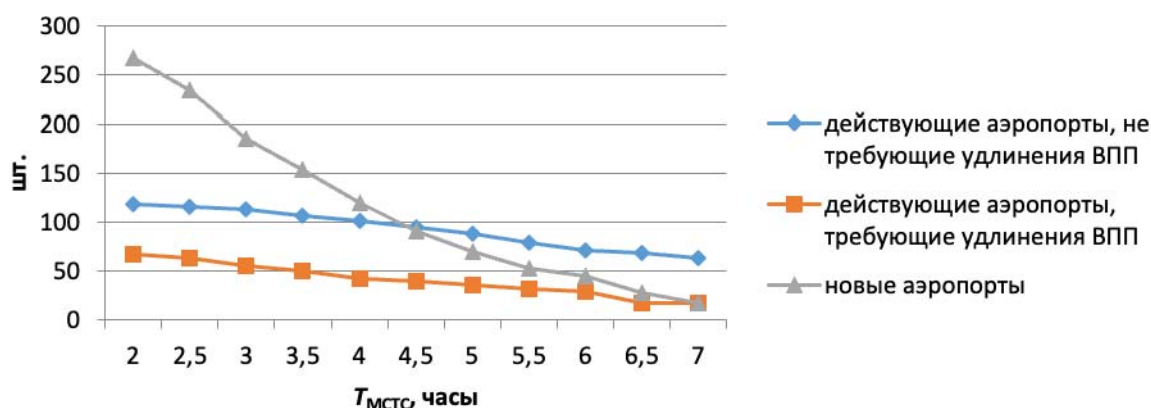


Рис. 9. Количество аэропортов МВЛ при 4-типовом парке
Fig. 9. The amount of local airports with four-type fleet

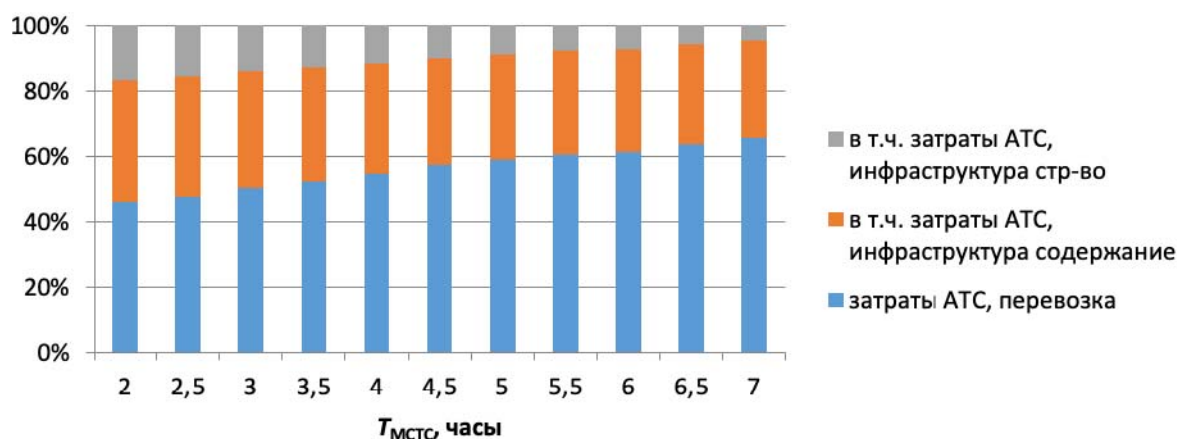


Рис. 10. Структура суммарных затрат в АТС по всем регионам
Fig. 10. The structure of total costs of the air transport system for all the regions

при которой количество дискриминируемых пассажиров будет невелико даже при самом жестком ограничении на максимальное время поездки (2 часа). При этом скорость крейсерского полета ВС МВЛ является определяющей с точки зрения полного устранения транспортной дискриминации: как показали результаты моделирования, при использовании более скоростного самолета PC-12NG удастся значительно уменьшить уровень транспортной дискриминации, а при ужесточении ограничения на максимальное время поездки до 3 часов устранить ее полностью.

Непосредственно АТС МВЛ должна быть выстроена по следующему принципу: менее

скоростные 19-местные самолеты обслуживают только те районные центры, которые расположены в пределах 800 км от центра субъекта РФ; более удаленные районные центры обслуживаются только более скоростными самолетами небольшой вместимости. Оценка потребного количества самолетов в парке АТС МВЛ при ограничении на максимальное время поездки 2 часа составила 250–300 ВС. Данная оценка численности выработана для существующих условий, а с ростом доходов населения отдаленных и труднодоступных районов субъектов РФ подвижность населения может вырасти, что приведет к росту пассажиропотоков и потребности в дополнительных ВС.

Другими возможными путями повышения качества обслуживания, кроме повышения крейсерской скорости ВС, могут быть применение в отдаленных районах более скоростного подвозящего транспорта (наземного или вертолетного) или сокращение дальности поездки подвозящего транспорта. В обоих случаях это приведет к увеличению суммарных затрат на организацию местных перевозок. В первом случае – поскольку вертолетный транспорт является заведомо более дорогим, чем наземный. Во втором случае – поскольку для выполнения ограничения на максимальное время поездки потребуется увеличить количество удаленных аэропортов МВЛ. Впрочем, в этом случае уменьшится количество населенных пунктов, обслуживаемых одним удаленным аэропортом МВЛ, что приведет к неминуемому уменьшению пассажиропотоков и, как следствие, к изменению количественного и качественного состава парка ВС и потребует проведения дополнительных исследований.

Список литературы

1. Киселенко А.Н., Малащук П.А., Фомина И.В. Исследование транспортной доступности европейского и приуральского севера России на основе модифицированного показателя Энгеля // Региональная экономика: теория и практика. 2019. Т. 17, № 9 (468). С. 1668–1680. DOI: 10.24891/re.17.9.1668
2. Клочков В.В., Рождественская С.М., Фридлянд А.А. Обоснование приоритетных направлений развития авиационной техники для местных воздушных линий // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2018. № 20 (331). С. 93–102.
3. Неретин А.С. Транспортная связанность и освоенность Восточных регионов России / А.С. Неретин, М.В. Зотова, А.И. Ломакина, С.А. Тархов // Известия РАН. Серия Географическая. 2019. № 6. С. 35–52. DOI: 10.31857/S2587-55662019635-52
4. Poleshkina I.O., Gorbunov V.P. Development of the air transport network in the Arctic zone of Eastern Siberia // Transportation Research Procedia. 2021. Vol. 57. Pp. 443–451. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.09.071
5. Соболев Л.Б. Большая миссия малой авиации // Экономический анализ: теория и практика. 2016. № 3 (450). С. 4–16.
6. Просвирина Н.В. Анализ проблем малой авиации в России и возможные пути их решения // Естественно-гуманитарные исследования. 2020. № 28 (2). С. 232–238. DOI: 10.24411/2309-4788-2020-10107
7. Панкратова А.Р. Проблемы развития авиaperевозок в дальневосточном регионе // Экономика и управление. 2015. № 12 (122). С. 23–28.
8. Волосов Е.Н. Региональная авиация Сибири и Дальнего Востока // Проблемы социально-экономического развития Сибири. 2016. № 4 (26). С. 60–68.
9. Балашов В.В., Смирнов А.В., Цейтлина Т.О. Формирование перспективной сети местных воздушных линий России // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2013. № 2-2. С. 170–176.
10. Лесничий И.В. Предложения по развитию сети региональных авиaperевозок / И.В. Лесничий, М.А. Бородин, В.И. Самойлов, Г.А. Бритван // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2013. № 3 (314). С. 107–112.
11. Дутов А.В., Клочков В.В., Рождественская С.М. Измерение и нормирование транспортной связанности и качества транспортного обслуживания страны и ее регионов // Россия: тенденции и перспективы развития: сборник трудов X Международной научно-практической конференции «Регионы России: стратегии и механизмы модернизации, инновационного и технологического развития». Москва, 06–07 июня 2019 г. Москва: ИНИОН РАН, 2019. Т. 14. Часть 2. С. 43–48.
12. Фаузер В.В. Демографический потенциал северных регионов России – фактор и условие экономического освоения Арктики // Экономика региона. 2014. № 4 (40). С. 69–81. DOI: 10.17059/2014-4-5
13. Baker D., Merkert R., Kamruzzaman M. Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in

Australia // Journal of Transport Geography. 2015. Vol. 43. Pp. 140–150. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2015.02.001

14. Fiser A., Fournier S. Study on addressing the infrastructure needs of northern aboriginal communities. The Conference Board of Canada, Ottawa, 2014. 94 p.

15. Егошин С.Ф., Смирнов А.В. Авиа-транспортная доступность и транспортная дискриминация населения в субъектах Российской Федерации // Научный Вестник МГТУ ГА. 2018. Т. 21, № 3. С. 78–90. DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-3-78-90

16. Дунаевский А.И., Егошин С.Ф., Ключков В.В. Оценка влияния основных проектных параметров самолетов на стоимость перевозок в авиатранспортной системе местных воздушных линий // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2021. № 9. С. 15–22.

17. Самойлов И.А. Мониторинг состояния и потребности рынка региональных и местных авиаперевозок в современных самолетах / И.А. Самойлов, М.А. Бородин, Д.А. Кипчарский, О.Ю. Страдомский // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2013. № 3. С. 98–106.

References

1. Kisilenko, A.N., Malashchuk, P.A. & Fomina, I.V. (2019). *Studying the transport accessibility of the European and Cis-Ural regions in the North of Russia based on a modified Engel's coefficient*. Regional Economics: Theory and Practice, vol. 17, no. 9 (468), pp. 1668–1680. DOI: 10.24891/re.17.9.1668 (in Russian)

2. Klochkov, V.V., Rozhdestvenskaya, S.M. & Fridlyand, A.A. (2018). *The reasoning of priority directions of aircraft development for local airlines*. Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA), no. 20 (331), pp. 93–102. (in Russian)

3. Neretin, A.S., Zotova, M.V., Lomakina, A.I. & Tarkhov, S.A. (2019). *Transport connection and development of the eastern re-*

gions of Russia. Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya, vol. 6, pp. 35–52. DOI: 10.31857/S2587-55662019635-52 (in Russian)

4. Poleshkina, I.O. & Gorbunov, V.P. (2021). *Development of the air transport network in the Arctic zone of Eastern Siberia*. Transportation Research Procedia, vol. 57, pp. 443–451. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.09.071

5. Sobolev, L.B. (2016). *A high mission of general aviation*. Economic Analysis: Theory and Practice, no. 3 (450), pp. 4–16. (in Russian)

6. Prosvirina, N.V. (2020). [Analysis of light aircraft problems in Russia and possible ways of their solution]. Natural humanitarian studies, no. 28 (2), pp. 232–238. DOI: 10.24411/2309-4788-2020-10107 (in Russian)

7. Pankratova, A.R. (2015). *Problems of air transportation in the Russian Far East*. Economics and Management, no. 12 (122), pp. 23–28. (in Russian)

8. Volosov, E.N. (2016). *Regional aviation on Siberia and Far East: challenges and opportunities*. Issues of Social-Economic Development of Siberia, no. 4 (26), pp. 60–68. (in Russian)

9. Balashov, V.V., Smirnov, A.V. & Tseitlina, T.O. (2013). [Formation of a promising network of local airlines in Russia]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva, no. 2, pp. 170–176. (in Russian)

10. Lesnichiy, I.V., Borodin, M.A., Samoylov, V.I. & Britvan, G.A. (2013). *Proposals of development network of regional air transport*. Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA), no. 3, pp. 107–112. (in Russian)

11. Dutov, A.V., Klochkov, V.V. & Rozhdestvenskaya, S.M. (2019). [Measurement and regulation of transport connectivity and quality of transport services of the country and its regions]. Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya: sbornik trudov X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Regiony Rossii: strategii i mekhanizmy modernizatsii, innovatsionnogo i tekhnologicheskogo razvitiya». Moscow: INION RAN, vol. 14, part 2, pp. 43–48. (in Russian)

12. Fauzer, V.V. (2014). *Demographic potential of the Russia's northern regions as a factor and condition of economic development of the Arctic*. Economy of Region, no. 4 (40), pp. 69–81. DOI: 10.17059/2014-4-5 (in Russian)

13. Baker, D., Merkert, R. & Kamruzzaman, M. (2015). *Regional aviation and economic growth: cointegration and causality analysis in Australia*. Journal of Transport Geography, vol. 43, pp. 140–150. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2015.02.001

14. Fiser, A. & Fournier, S. (2014). *Study on addressing the infrastructure needs of northern aboriginal communities*. The Conference Board of Canada, Ottawa, 94 p.

15. Egoshin, S.F. & Smirnov, A.V. (2018). *Air transport accessibility and transport discrimination of population in constituents of the*

Russian Federation. Civil Aviation High Technologies, vol. 21, no. 3, pp. 78–90. DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-3-78-90 (in Russian)

16. Dunaevsky, A.I., Egoshin, S.F. & Klochkov, V.V. (2021). *Assessment of the impact of the main design parameters of aircraft on the cost of transportation in the air transport system of local air lines*. All-Russian Scientific-Technical Journal "Polyot" ("Flight"), no. 9, pp. 15–22. (in Russian)

17. Samoylov, I.A., Borodin, M.A., Kipcharskiy, D.A. & Stradomskiy, O.Y. (2013). *Monitoring the condition and needs of the market of regional and local air transport in a modern aircraft*. Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA), no. 3, pp. 98–106. (in Russian)

Сведения об авторах

Егошин Сергей Федорович, инженер ФАУ «Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского», sergey4791@yandex.ru.

Смирнов Андрей Валентинович, кандидат технических наук, начальник отдела ФАУ «Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского», smirnov@tsagi.ru.

Information about the authors

Sergey F. Egoshin, Engineer, FAI, Central Aerohydrodynamic Institute, sergey4791@yandex.ru.

Andrey V. Smirnov, Candidate of Technical Sciences, The Head of the Department, FAI, Central Aerohydrodynamic Institute, smirnov@tsagi.ru.

Поступила в редакцию 16.06.2022
Принята в печать 24.11.2022

Received 16.06.2022
Accepted for publication 24.11.2022