

DOI: 10.155593/2224-9982/2016.46.12

УДК 629.735

**Н.М. Куприков¹, О.С. Долгов¹, М.Ю. Куприков¹,
Б.В. Иванов^{2,3}**

¹ Московский авиационный институт,

(национальный исследовательский университет), Москва, Россия

² Арктический и антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия

ИНФРАСТРУКТУРНО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Географическое расположение Российской Федерации обуславливает региональную обособленность регионов Крайнего Севера и Дальнего Востока, которые более чем на 40 % территорий являются труднодоступными регионами. Необходимость освоения перспективных северных регионов Российской Федерации требует развития транспортной инфраструктуры и устанавливает специфические требования к характеристикам региональных самолетов, что требует создания новой методологии формирования проектно-конструкторских решений. Позиционирование на мировой политической арене арктической территории как исключительной экономической зоны Российской Федерации требует в первую очередь развития региональной транспортной сети, в том числе грузовых и пассажирских авиаперевозок, для устойчивого развития региона. Решение сложной транспортной задачи сводится к поиску компромисса летно-технических характеристик летательного аппарата и развитию сети наземной инфраструктуры в условиях существующих геополитических ограничений.

Ключевые слова: Арктика, проектирование, самолет, льды, Северный полюс, летно-технические характеристики летательного аппарата.

N.M. Kuprikov¹, O.S. Dolgov¹, M.Yu. Kuprikov¹, B.V. Ivanov^{2,3}

¹ Moscow Aviation Institute (National Research University),
Moscow, Russian Federation

² Arctic & Antarctic Scientific-Research Institute,
Saint Petersburg, Russian Federation

³ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russian Federation

INFRASTRUCTURAL AND GEOGRAPHICAL ASPECT OF AIRPLANE OPERATION IN ARTIC REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION

Geographical position of Russian lands leads to regional apartness of arctic and far east territories, which are mostly isolated. Necessity to develop the Russian north polar regions is strategical task

and it claims high development of logistic infrastructure and determines specific demands for flight characteristics of regional airplanes, that needs special design. For Russia acting as leading arctic country on world polar arena for determining the Arctic as Russian special economy zone requires spread transport infrastructure, also passengers and cargo airlines for progressive development of the region. The solution of this logistic problem is a compromise of aircraft performance characteristics.

Keywords: Arctic, designing, airplane, ice, North Pole, aircraft performance characteristics.

Рост активности полярных регионов РФ зависит от наличия в авиапарке отечественной авиационной техники специализированных самолетов для полярной эксплуатации [1–3]. В России более 40 % территорий являются труднодоступными и удаленными регионами заполярья – Арктики, что требует использования авиационной техники (самолетов и вертолетов) для обеспечения бесперебойного авиационного сообщения и транспортной доступности Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). В этих регионах как нигде актуальны вопросы увеличения объема пассажирских и грузовых перевозок [4], повышения экономичности и надежности эксплуатации в условиях жестких инфраструктурно-климатических ограничений (ИКО).

Решение задачи бесперебойного авиационного сообщения и транспортной доступности районов Крайнего Севера и Дальнего Востока является компромиссом между летно-техническими и эксплуатационными характеристиками летательного аппарата. Сегодня транспортная задача в Арктическом регионе решается с помощью устаревшего парка самолетов, а также путем разработки новых перспективных самолетов, предназначенных для полярной эксплуатации (рис. 1). Опыт развития отечественной авиации в 1940–1980 гг. показывает непосредственную связь между уровнем развития авиационной техники и авиатранспортной сети в труднодоступных и отдаленных регионах и степенью развития и освоения полярных регионов Крайнего Севера и Дальнего Востока, являющихся АЗРФ (рис. 2).

Позиционирование на мировой политической арене арктических территорий как исключительной экономической зоны Российской Федерации [5] требует развития региональной транспортной сети, в том числе грузовых и пассажирских авиаперевозок [4]. В утвержденной 20 февраля 2013 г. Президентом РФ «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года» [4] отмечается дефицит самолетов и технологических возможностей по изучению, освоению и использованию арктических пространств и ресурсов, недостаточная готовность к переходу на

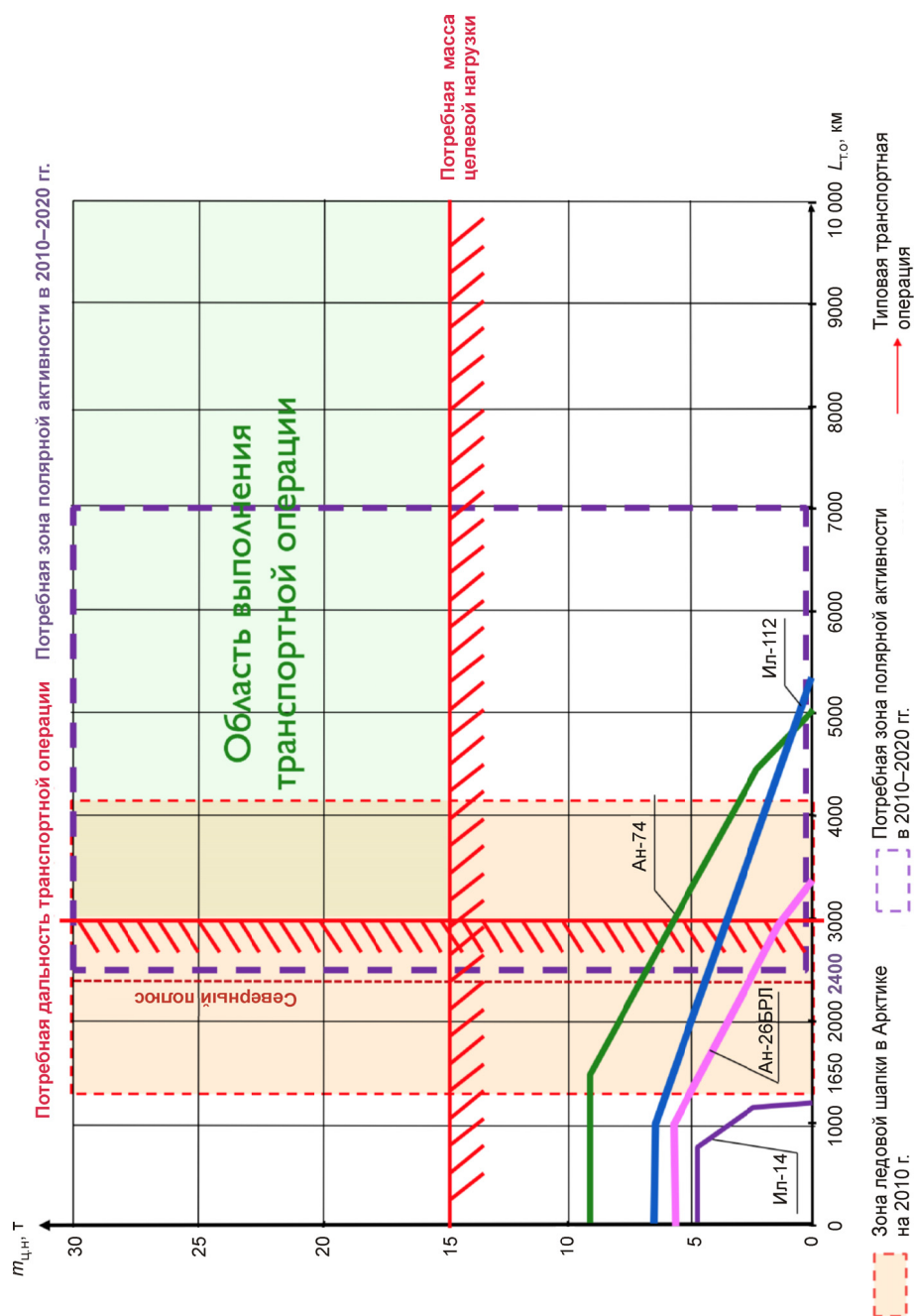


Рис. 1. Эксплуатация самолетов в Арктической зоне Российской Федерации

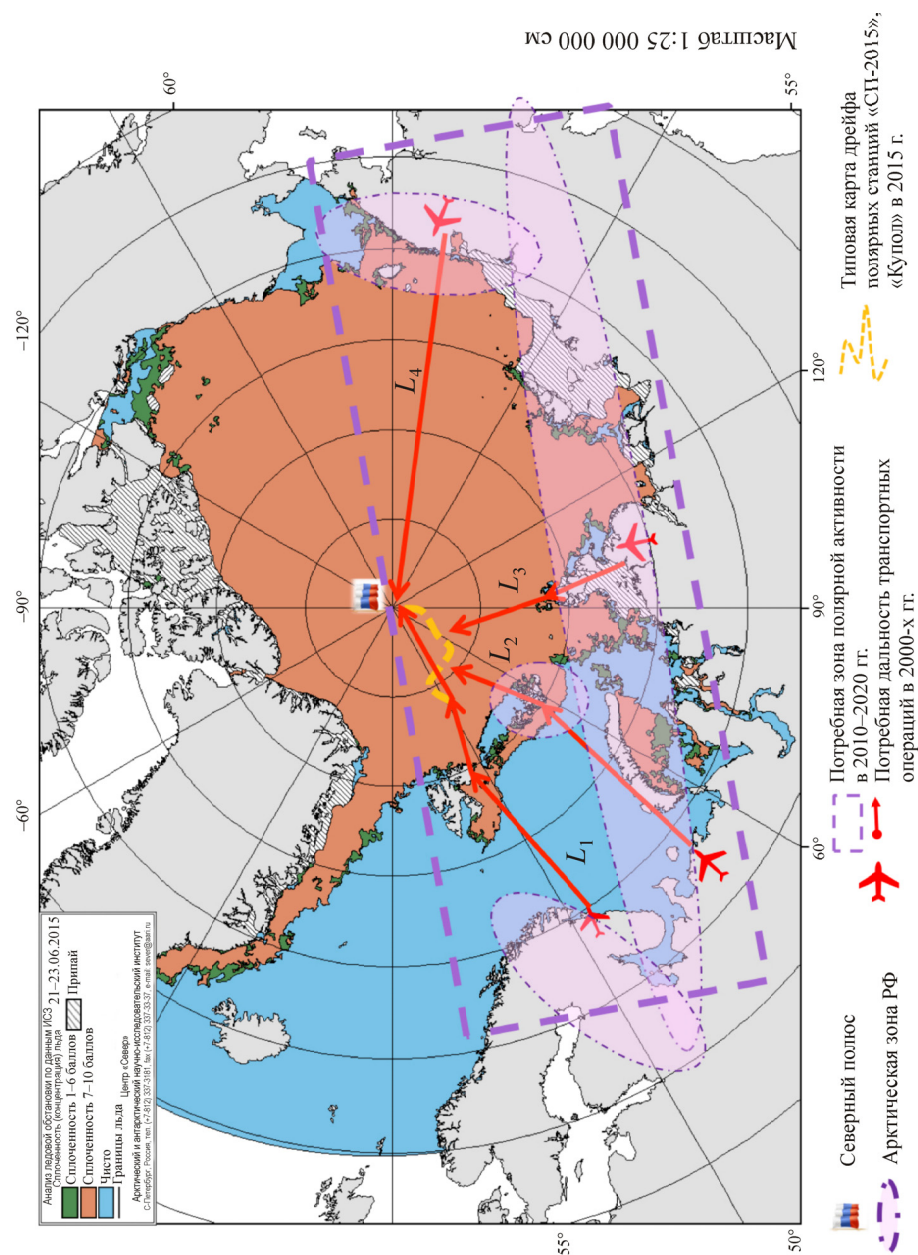


Рис. 2. Арктическая зона на территории России (Источник: Центр «Север» ААНИИ, Россия)

инновационный путь развития Арктической зоны Российской Федерации (п. 4). В связи с этим важно отметить, что создание новых российских самолетов Ил-112 для эксплуатации в Арктике находится под контролем Военно-промышленной комиссии РФ [6].

В целях модернизации и развития инфраструктуры арктической транспортной системы, обеспечивающей сохранение Северного морского пути (СМП) как единой национальной транспортной магистрали РФ, согласно п. 12 [4] предусматривается:

- совершенствование транспортной инфраструктуры в регионах освоения арктического континентального шельфа в целях диверсификации основных маршрутов поставки российских углеводородов на мировые рынки;

- формирование современных транспортно-логистических узлов обеспечения магистральных и международных перевозок на базе аэропортов федерального значения и региональных аэропортов малой интенсивности полетов;

- создание и развитие системы комплексной безопасности арктического судоходства, управления транспортными потоками в районах интенсивного движения судов, включая навигационно-гидрографическое, гидрометеорологическое, ледокольное и иные виды обеспечения, создание комплексных аварийно-спасательных центров;

- развитие эффективной системы авиационного обслуживания арктических районов, включая реконструкцию и модернизацию аэропортовой сети вдоль трассы СМП;

- развитие малой авиации с целью удовлетворения потребностей в воздушных перевозках и обеспечения их доступности в Арктической зоне Российской Федерации.

Развитие присутствия РФ в Арктике оправдано ресурсами, логистикой и стратегическими возможностями, которые открывает для экономики АЗРФ. Таким образом, разрабатываемая система обслуживания инфраструктуры СМП и арктических архипелагов (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Новосибирские острова) требует, в свою очередь, решения ряда стратегических задач, связанных с труднодоступностью регионов АЗРФ [7], а также обусловленных изменением ИКО.

Наблюдаемое в настоящее время изменение климата арктических архипелагов и ледовых условий на трассе СМП происходит в результа-

те ускоренного глобального потепления и изменения климата Арктики, что существенным образом сказывается на виде и характере транспортной операции (рис. 3). Климат в Арктике и компоненты природной среды архипелагов чутко реагируют на климатические изменения различных временных масштабов. Наиболее ярким индикатором прошлых и текущих изменений является температурный режим приземного слоя воздуха, циркуляция атмосферы и состояние ледяного покрова. Это обусловило изменение требований к транспортным операциям в Арктике, что, в свою очередь, приводит к изменению облика транспортной авиации [7] (таблица).

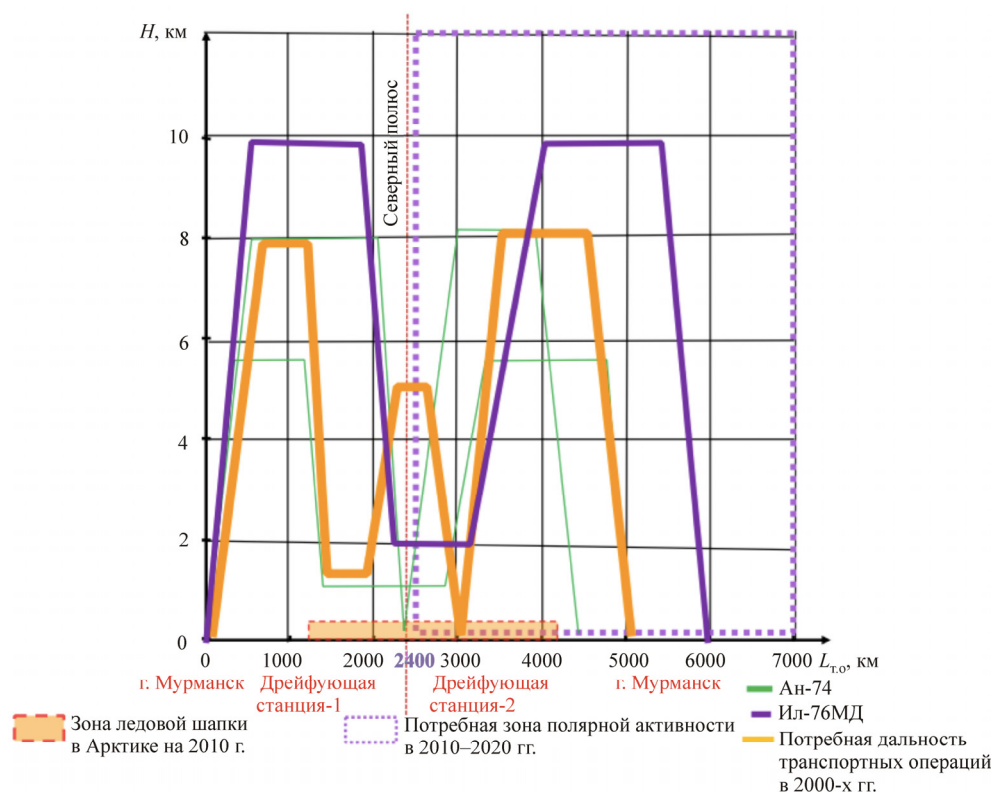
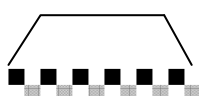
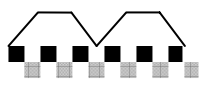
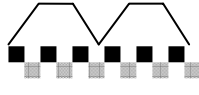
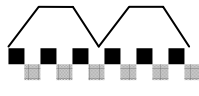
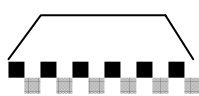
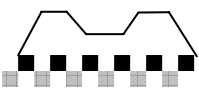
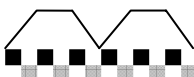


Рис. 3. Профили полета при выполнении современных транспортных операций в Арктике

Типы транспортных операций в Арктике

Тип операции	Тип ВС	Полезная нагрузка, кг		Потребная дальность транспортной операции, км	Профиль полета
Ледовая разведка до 1990 г.	Ан-14	Оборудование ледовой разведки	720	650	
	Ил-14		4000	1250	
	Ан-26БРЛ		5500	3200	
	Ан-32		2800	3200	
Первоначальная высадка дрейфующей станции «Северный полюс» до 1988 г.	Ан-14	720		650	
	Ил-14 (на лыжах)	4000		1250	
Обеспечение и логистика дрейфующей станции «Северный полюс»	Ан-14	720		750	
	Ил-14	4000		1250	
	Ан-26БРЛ	5500		3200	
	Ан-32	2800		3200	
	Ан-74	10 000		3200	
Снятие дрейфующей станции «Северный полюс» до 1988 г.	Ан-14	720		750	
	Ил-14	4000		1250	
	Ан-74	4150		4400	
		10 000		1650	
Сопровождение грузовых караванов вдоль СМП	Ан-26БРЛ	Оборудование ледовой разведки	2600	1100	
	Ан-32		2800	3200	
	Ан-74		4150	4400	
			10 000	1650	
	Ми-8*		—	—	
В период 1988–2003 гг. ААНИИ не организовывал дрейфующие станции «Северный полюс»					
Десантирование группы для первоначальной высадки дрейфующей станции «Северный полюс» с 2003 г.	Ан-74	5000		1100	
		10 000		5000	
	Ил-76МД	40 000		4500	

Окончание таблицы

Тип операции	Тип ВС	Полезная нагрузка, кг	Потребная дальность транспортной операции, км	Профиль полета
Первоначальная высадка дрейфующей станции «Северный полюс» с 2003 г.	Ан-74	4150	4400	
		10 000	1650	
Обеспечение и логистика дрейфующей станции «Северный полюс» с 2003 г.*	Ан-74	4150	4400	
		10 000	1650	
	Ил-76МД	40 000	4500	
	Ми-8*	–	–	
Снятие дрейфующей станции «Северный полюс» с 2003 г.	Ан-74Т	4150	4400	
		10 000	1650	

* Ми-8 – указаны для справки, не учитываются в таблице.

Использование ледовой авиаразведки и технологий дистанционного зондирования Земли [7, 8] позволило составить детальные ледовые карты дрейфа морского льда в Арктике. Данные технологии позволяют наглядно изучить динамику образования ледяного покрова, выработать проектные рекомендации для перспективной авиационной техники, предназначенной для эксплуатации в Арктике [7, 9], с учетом ИКО, изменяющихся толщины и площади ледяного покрова.

Толщина льда и площадь ледяного покрова – основные инфраструктурные ограничения (рис. 4) для самолетов арктического базирования (САБ) [7], так как остальные требования к полетам при экстремальных (отрицательных) температурах (например, требования, по обледенению или навигации) могут быть удовлетворены за счет применения дополнительного авиационного и радионавигационного оборудования.

Толщина льда и площадь ледяного покрова являются динамически изменяемыми величинами, и анализ изменения ледовой обстановки в Арктике с 1950 г. позволяет сделать прогноз об уменьшении или практически полном таянии ледовой шапки российского сектора Арктики к 2090 г. Эти процессы связаны с тем, что вдоль СМП (северо-

западный проход) морские и океанические течения приводят к дрейфу льда от Баренцева моря до Берингова пролива, в то время как в районе северо-западного прохода у берегов Гренландии, Канады и США льды образуют статичные ледовые поля или дрейфуют внутри ограниченной замкнутой зоны. Разность климатических зон является предпосылкой для появления «ледовых островов» (айсбергов) [10].

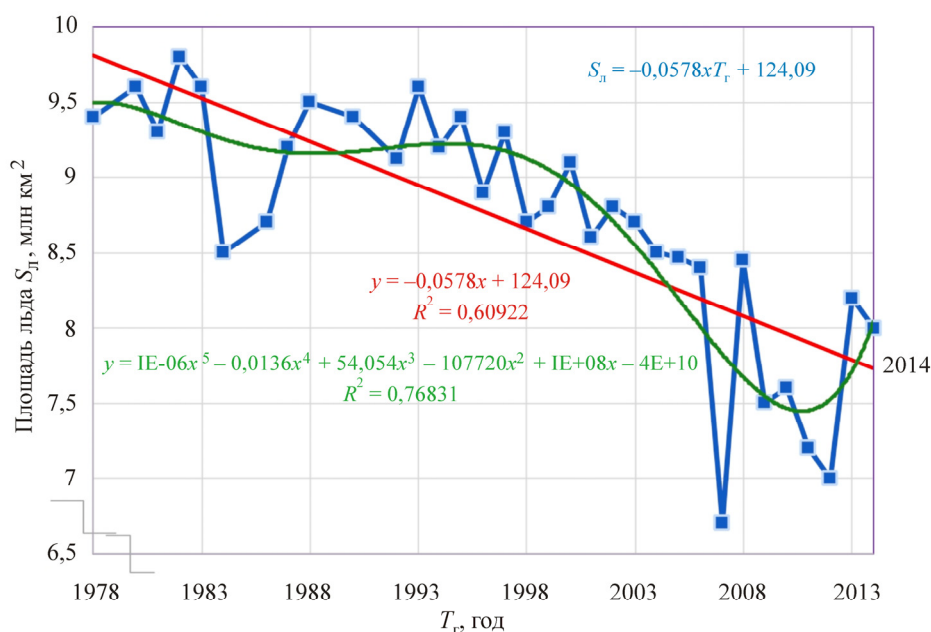


Рис. 4. Среднемесячная площадь распространения морского льда в Арктике. Измерения проводились ежегодно в октябре 1979–2014 гг. (Источник: Национальный центр анализа снежной и ледовой информации (NSIDC), США)

Опыт и наработки Арктического и антарктического НИИ легли в основу научно-методического обеспечения, на основании которого было разработано «Руководство по производству ледовой авиаразведки» [10]. Сокращение толщины льда и площади ледяного покрова приводит к необходимости изменения требований полярной эксплуатации, обозначенных в разд. 9.1.1 «Руководства по производству ледовой авиаразведки» [10].

Эксплуатация различных видов транспортных средств в Арктике (рис. 5) зависит от инфраструктурно-климатических ограничений, требований по дальности перевозки и габаритно-массовых характеристик.

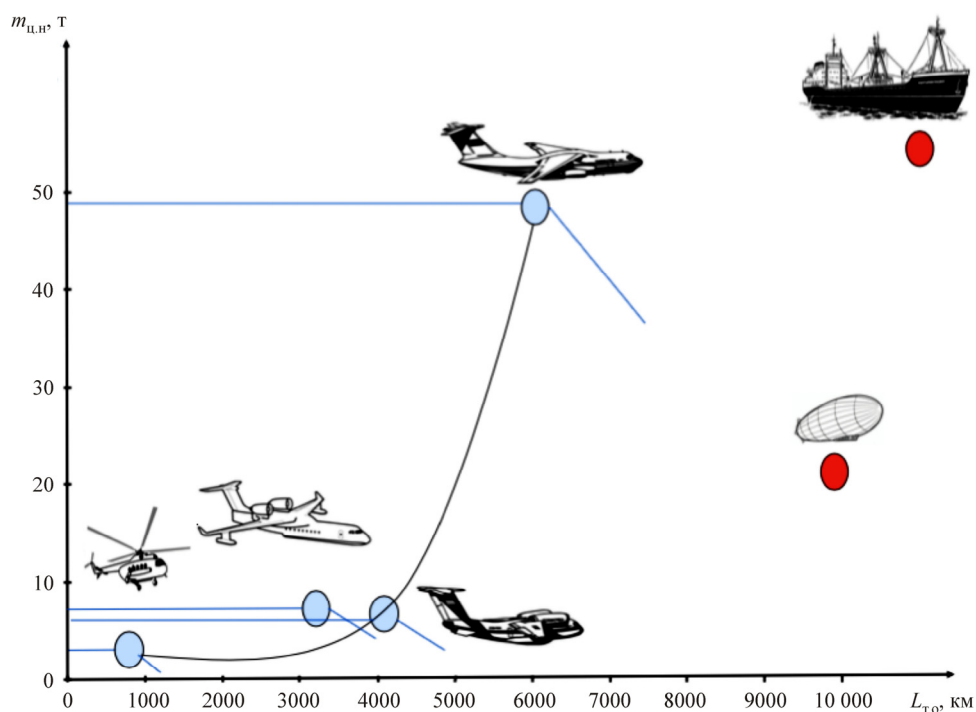


Рис. 5. Сравнительная характеристика различных видов транспорта, применяемых в АЗРФ для доставки грузов

Создание новых самолетов, предназначенных для освоения территории Арктики в условиях ИКО, требует решения ряда научно-технических задач:

- удовлетворение требованиям и экономичности;
- учет ИКО в местах предполагаемого базирования [10] самолета в регионах АЗРФ;
- удовлетворение требованиям организации перевозок пассажиров и груза в экстремальных погодных условиях;
- осуществление укороченного взлета и посадки с неподготовленных взлетно-посадочных полос [11];
- обеспечение ремонтпригодности в полевых условиях Арктики.

Многообразие задач [1, 2, 5, 12], стоящих перед проектными организациями при создании САБ, приводит к необходимости разработки научно-методического обеспечения, отвечающего современным условиям полярной эксплуатации и арктической инфраструктуры. В связи с эксплуатацией в сложных метеорологических условиях

к авиационной технике предъявляются повышенные требования по дублированию и надежности в области навигации, радиосвязи, систем управления, аварийного спасения. Анализ известных проектно-конструкторских решений показал, что для создания успешного образца САБ необходимо решение задачи ФОС на основе выбора рациональных вариантов внутренней компоновки самолета с точки зрения размещения полезной нагрузки и топлива [7].

Расположение резервных запасов топлива и массы целевой нагрузки влияет на систему управления и приводит к значительному изменению моментно-инерционного облика как в течение полета, так и при выполнении цикла транспортных задач. Это подтверждает актуальность задачи разработки научно-методического обеспечения для проведения комплексных исследований по выявлению рациональных конструктивно-компоновочных решений на базе математического моделирования с использованием ЭВМ и средств машинной графики. Предпосылкой для решения этой задачи является опыт разработки региональных самолетов и самолетов специального назначения, а также научно-методическая база. Опыт научно-исследовательских и проектных работ и эксплуатации самолетов в полярных условиях создает научную базу и подтверждает актуальность решения задач формирования моментно-инерционного облика самолета с учетом удовлетворения «жестким» ИКО Арктики.

Существующие самолеты, сконструированные и произведенные в период 1950–1980 гг., уже не могут эффективно выполнять арктические транспортные операции. Научно-методическое обеспечение, разработанное в период 1950–1970 гг., устарело, изменились граничные условия эксплуатации в регионе и геополитическая обстановка. Развитие авиационной техники (Ил-14, Ан-12 и Ан-74) в 1950–1980 гг. происходило с учетом требований универсальности среднесрочной эксплуатации в Арктике. Сегодня, в 2016 г., воспользоваться научным заделом КБ «Антонов» (Украина) не представляется возможным. Работы по модернизации специального полярного самолета Ан-74Т в ГП «Антонов» остановлены ввиду политической обстановки на Украине с 2013 г., производство и эксплуатация данных самолетов не представляется возможным.

В названных выше работах представлена прямая задача проектирования, в которой влияние ИКО и моментно-инерционных ограниче-

ний рассматривается как проверочное ограничение результатов формирования облика самолета. Это обстоятельство приводит к большому числу итераций, а при отсутствии времени и средств на поиск рациональных схемно-параметрических решений – к выбору нерационального, но по формальным признакам удовлетворительного облика самолета. Современный опыт научно-исследовательских и проектных работ и эксплуатации самолетов в Арктике создает научную базу и подтверждает актуальность решения задач формирования моментно-инерционного облика самолета с учетом удовлетворения «жестких» инфраструктурно-климатических ограничений полярной эксплуатации. Можно сделать вывод о том, что при формировании облика САБ необходимо уделять внимание тензору трансформации инфраструктурно-климатических ограничений и условиям эксплуатации, так как именно они являются определяющими при формировании облика самолета.

Таким образом, в данном исследовании разработано научно-методическое обеспечение, включающее методики, программы моментно-инерционного анализа и алгоритмы структурно-параметрического анализа самолетов арктического базирования с учетом выбора рациональной моментно-инерционной компоновки, что позволяет обеспечить выполнение требований технического задания к самолетам арктического базирования и вносит существенный вклад в решение важной народно-хозяйственной задачи по освоению полярных регионов Российской Федерации и повышению качества, сокращения стоимости и сроков проектирования перспективных самолетов арктического базирования и способствует ускорению научно-технического прогресса.

Работа выполнена при государственной поддержке грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук (МД-6177.2016.8) и стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики (СП-1895.2015.1).

Библиографический список

1. Авиационные правила. Ч. 25 / Летно-исслед. ин-т им. М.М. Громова. – М., 1994. – 230 с.
2. Авиационные правила ИКАО. Ч. 34. Охрана окружающей среды / Летно-исслед. ин-т им. М.М. Громова. – М., 1994. – 345 с.
3. Конвенция о международной гражданской авиации ИКАО. Ч. 2. Т. 2. Прил. 16 / Летно-исслед. ин-т им. М.М. Громова. – М., 2000. – 465 с.
4. Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года: утв. Президентом РФ В. Путиным 20.02.2013 г. / Правительство РФ. – М., 2013. – 18 с.
5. Кукушкина А.В. Экологическая безопасность, разоружение и военная деятельность государств: международно-правовые аспекты. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 176 с.
6. Арктические транспортные самолеты создадут в России через 2–3 года [Электронный ресурс] // РИА Новости. – URL: http://ria.ru/defense_safety/20150414/1058485135.html (дата обращения: 30.04.16).
7. Куприков Н.М. Учет требований эксплуатации в Арктике на облик летательного аппарата как основа повышения конкурентоспособности на мировом рынке // Вестник Академии воен. наук. – 2012. – № 3. – С. 120–123.
8. Перспективные космические аппаратно-программные комплексы для повышения конкурентоспособности крупных инфраструктурных проектов в Арктическом регионе и на Дальнем Востоке / Н.М. Куприков, Д.М. Журавский, Д.В. Малыгин, Б.В. Иванов, А.К. Павлов, А.В. Рипецкий, И.Р. Салахов // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. – 2014. – № 3. – С. 47–53.
9. Румянцев А.Л., Клейн А.Э. Использование беспилотных авиационных комплексов в работах ААНИИ // Российские полярные исследования. – 2014. – № 1(15). – С. 32–35.
10. Руководство по производству ледовой авиаразведки. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 240 с.
11. Концепция развития аэродромной (аэропортовой) сети Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]. – URL: <http://strategy-center.ru/page.php?vrub=inf&vparid=675&vid=937&lang=rus> (дата обращения: 30.04.16).

12. Куприков М.Ю., Долгов О.С., Куприков Н.М. Особенности выявления моментно-инерционного облика перспективных самолетов на ранних этапах проектирования // Вестник Моск. авиац. ин-та. – 2010. – Т. 17, № 2. – С. 5–15.

References

1. *Aviatsionnye pravila. Chast 25* [Aviation regulations. Part 25]. Moscow: Letno-issledovatel'skiy institut imeni M.M. Gromova, 1994. 230 p.

2. *Aviatsionnye pravila IKAO. Chast 34. Okhrana okruzhayushchey sredy* [ICAO Aviation regulations. Part 34 "Environmental protection"]. Moscow: Letno-issledovatel'skiy institut imeni M.M. Gromova, 1994. 354 p.

3. *Konventsiya o mezhdunarodnoy grazhdanskoy aviatsii IKAO. Chast 2. Tom 2. Prilozhenie 16* [Convention on International Civil Aviation. ICAO. Part 2. Vol. 2. App. 16]. Moscow: Letno-issledovatel'skiy institut imeni M.M. Gromova, 2000. 465 p.

4. *Strategiya razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii i obespecheniya natsionalnoy bezopasnosti na period do 2020 goda* [Development strategy of the Russian Arctic and national security for the period up to 2020]. Moscow: Pravitel'stvo Russiyoy Federatsii, 2013. 18 p.

5. *Kukushkina A.V. Ekologicheskaya bezopasnost, razoruzhenie i voennaya deyatelnost gosudarstv: mezhdunarodno-pravovye aspekty* [Environmental security, disarmament and military activities of States: International legal aspects]. Moscow: Izdatel'stvo LKI, 2008. 176 p.

6. *Arkticheskie transportnye samolety sozhdut v Rossii cherez 2-3 goda* [Arctic transport planes will create in Russia in 2-3 years]. *RIA Novosti*, available at: http://ria.ru/defense_safety/20150414/1058485135.html (accessed 30 April 2016).

7. *Kuprikov N.M. Uchet trebovaniy ekspluatatsii v Arktike na oblik letatel'nogo apparata kak osnova povysheniya konkurentosposobnosti na mirovom rynke* [Accounting for operating requirements in the Arctic on the character of the aircraft as the basis for competitiveness in the global market]. *Vestnik Akademii voennykh nauk*, 2012, no. 3, pp. 120-123.

8. *Kuprikov N.M., Zhuravskiy D.M., Malygin D.V., Ivanov B.V., Pavlov A.K., Ripetskiy A.V., Salakhov I.R. Perspektivnye kosmicheskie apparatno-programmnye komplekсы dlya povysheniya konkurentosposobnosti krupnykh infrastrukturykh proektov v Arkticheskom regione i na Dalnem Vostoke* [Prospective space hardware and software systems to

improve the competitiveness of major infrastructure projects in the Arctic and the Far East]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni A.N. Tupoleva*, 2014, no. 3, pp. 47-53.

9. Rumyantsev A.L., Kleyn A.E. Ispolzovanie bespilotnykh aviatsionnykh kompleksov v rabotakh AANII [The use of unmanned aircraft systems in the works AARI]. *Rossiyskie polyarnye issledovaniya*, 2014, no. 1(15), pp. 32-35.

10. Rukovodstvo po proizvodstvu ledovoy aviarazvedki [Guide on the ice patrol]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1981. 240 p.

11. Kontseptsiya razvitiya aerodromnoy (aeroportovoy) seti Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda [The concept of the development of the aerodrome (airport) of the Russian Federation, the network for the period until 2020], available at: <http://strategy-center.ru/page.php?vrub=inf&vparid=675&vid=937&lang=rus> (accessed 30 April 2016).

12. Kuprikov M.Yu., Dolgov O.S., Kuprikov N.M. Osobennosti vyyavleniya momentno-inertsionnogo oblika perspektivnykh samoletov na rannikh etapakh proektirovaniya [Revealing moment-inertia futures of aircrafts in the early stages of design]. *Vestnik Moskovskogo aviatsionnogo instituta*, 2010, vol. 17, no. 2, pp. 5-15.

Об авторах

Никита Михайлович Куприков (Москва, Россия) – младший научный сотрудник НОЦ «Функциональные наноматериалы для космической техники» Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (125993, г. Москва, Волоколамское ш., д. 4, e-mail: nkuprikov@mai.ru).

Олег Сергеевич Долгов (Москва, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирование самолетов» Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (125993, г. Москва, Волоколамское ш., д. 4, e-mail: dolgov@mai.ru).

Михаил Юрьевич Куприков (Москва, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Инженерная графика» Московского авиационного института (национального исследовательского университета) (125993, г. Москва, Волоколамское ш., д. 4, e-mail: kuprikov@mai.ru).

Иванов Борис Вячеславович (Санкт-Петербург, Россия) – кандидат географических наук, заведующий лабораторией Арктического и антарктического научно-исследовательского института, доцент Санкт-Петербургского государственного университета (199397, г. Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38, e-mail: b_ivanov@aari.ru).

About the authors

Nikita M. Kuprikov (Moscow, Russian Federation) – Junior Researcher, Moscow Aviation Institute (National Research University) (4, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125993, Russian Federation, e-mail: nkuprikov@mai.ru).

Oleg S. Dolgov (Moscow, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Airplane Design, Moscow Aviation Institute (National Research University) (4, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125993, Russian Federation, e-mail: dolgov@mai.ru).

Mikhail Yu. Kuprikov (Moscow, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Engineer Graphics, Moscow Aviation Institute (National Research University) (4, Volokolamskoe shosse, Moscow, 125993, Russian Federation, e-mail: kuprikov@mai.ru).

Boris V. Ivanov (Saint Petersburg, Russian Federation) – Ph. D. in Geography Science, Head of Laboratory, Arctic & Antarctic Scientific-Research Institute, Associate Professor, Saint Petersburg State University (38, Bering st., Saint Petersburg, 199397, Russian Federation, e-mail: b_ivanov@aari.ru).

Получено 13.04.2016