

УДК 656.7.022.1

Егоров Андрей Александрович

курсант факультета лётной эксплуатации и управления воздушным движением
Ульяновский Институт Гражданской Авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева
Россия, Ульяновск
andrey-djudo@mail.ru

Andrey A. Egorov

cadet of the faculty of flight operation and air traffic control
Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Air Marshal B.P. Bugaev
Russia, Ulyanovsk

Моисеев Дмитрий Валентинович

курсант факультета лётной эксплуатации и управления воздушным движением
Ульяновский Институт Гражданской Авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева
Россия, Ульяновск
harko3.dmitry3001@mail.ru

Dmitry V. Moiseev

cadet of the faculty of flight operation and air traffic control
Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Air Marshal B.P. Bugaev
Russia, Ulyanovsk

**РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОЙ
МАРШРУТНОЙ СЕТИ И ОПТИМАЛЬНОГО
ПЛАНА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ
СУДОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗКИ
ВАКЦИНЫ ОТ COVID-19**

**DEVELOPMENT OF A PROSPECTIVE ROUTE
NETWORK AND OPTIMUM PLAN FOR THE
USE OF AIRCRAFT TO ORGANIZE THE
TRANSPORTATION OF THE COVID-19
VACCINE**

Аннотация

В статье описан процесс разработки наиболее экономичной и эффективной маршрутной сети грузовых перевозок вакцины от COVID-19 по территории РФ. Были отобраны наиболее подходящие аэропорты, из которых будет осуществляться перевозка вакцины по всей территории страны, а также типы воздушных судов, которые вкупе с аэродромами базирования обеспечат самый экономичный и своевременный способ доставки вакцины до населения.

Ключевые слова:

маршрутная сеть, COVID-19, пандемия, вакцина

Abstract

The article describes the process of developing the most economical and efficient route network for freight transportation of the COVID-19 vaccine across the territory of the Russian Federation. The most suitable airports were selected from which the vaccine will be transported throughout the country, as well as the types of aircraft that, together with home airfields, will provide the most economical and timely way to deliver the vaccine to the population.

Keywords:

route network, COVID-19, pandemic, vaccine

Введение. В 2020 году весь мир столкнулся с глобальной проблемой, масштабы которой намного больше, чем у катаклизмов, случавшихся когда-либо ранее. Речь идёт о пандемии COVID-19. В стороне не осталась и авиационная отрасль – международная ассоциация воздушного транспорта IATA (International Air Transport Association) уже признала, что падение пассажиропотока в 2020 году – самое резкое за всю историю авиации. Но 11.08.2020 г. в России была зарегистрирована первая в мире вакцина от COVID-19. И сейчас, когда развёртывается её серийное производство, перед авиационными транспортными компаниями стоит задача – организовать скорейшую доставку вакцины во все точки

земного шара, чтобы пресечь распространение вируса, несущего вред экономическому и физическому благосостоянию общества.

Постановка задачи. Среди целей данной научной работы можно выделить:

1. Отыскание такой маршрутной сети воздушных грузовых перевозок вакцины от COVID-19, которая позволит удовлетворить одновременно такие критерии эффективности грузовых перевозок, как экономичность и максимальная оперативность доставки.

2. Выбор среди имеющихся в распоряжении заказчиков таких типов ВС (воздушных судов) для каждого из маршрута транспортной сети, которые позволили бы удовлетворить одновременно такие критерии грузовых перевозок, как экономичность и максимальная оперативность доставки, с учётом спроса на вакцину в конкретных регионах России, а также ЛТХ (лётно-технических характеристик) имеющихся ВС.

3. Расчёт и сравнение потребного и имеющегося количества грузовых ВС.

4. В случае превышения числа потребных ВС над числом имеющихся – отыскание оптимального решения для скорейшей и экономически обоснованной доставки вакцины населению РФ и разработка предложений по реализации полученного решения.

Этапы исследований

По данным, опубликованным проектом «коронаФОМ», проводившим исследование общественного мнения среди всех слоёв населения РФ, 46% населения России считает, что вакцинирование от COVID-19 российским препаратом Спутник-V необходимо. Таким образом получаем формулу, позволяющую примерно оценить спрос населения на вакцину:

$$D = \frac{P \times k}{100} = \frac{146764655 \times 46}{100} = 67\,511\,741 \text{ чел} \quad (1),$$

где D – спрос населения на вакцину, P – население РФ по данным Росстата на 2019 год, $k = 46\%$ – вышеупомянутый процент опрошенных.

На втором этапе исследований из источника [3] были взяты данные о местах производства вакцины Спутник-V и фирмах, отвечающих за это. Выпуском вакцины занимаются 3 фирмы: Генериум, Р-Фарм, Биннофарм, производства расположены по адресу Владимирская обл., Петушинский район; г. Ярославль; Московская обл. Красногорский район соответственно [4],[5],[6].

На третьем этапе исследований был установленны такие регионы, в которые нецелесообразно организовывать доставку вакцины авиационным транспортом. Причиной такого выбора служил единственный, наиболее определяющий фактор – время. Время доставки в этой задаче играет ключевую роль – каждые сутки от COVID-19 на территории РФ умирают около 150 человек, именно поэтому его мы принимаем как целевую функцию, минимум которой необходимо найти.

Регионы центральной России имеют небольшую площадь, и расстояния между административными центрами регионов соседей зачастую не превышают 500 км. При средней скорости движения автоколонны по федеральным трассам 50 км/ч такое расстояние будет преодолено за 10 ч. Именно по этим причинам из списка субъектов РФ, нуждающихся в доставке вакцины авиационным транспортом, который подразумевается скорейшим из всех возможных способов, были вычеркнуты Московская и ближайшие к ней области. Учитывая, что население данных регионов не нуждается в доставке вакцины авиационным транспортом, необходимо подсчитать скорректированный спрос на вакцину:

$$D' = \frac{(P - \sum_{i=1}^n p_i) \times k}{100} = 47643367 \text{ чел}, \quad (2)$$

где D' – спрос населения на вакцину, P – население РФ по данным Росстата на 2019 год, $k = 46\%$ – вышеупомянутый процент опрошенных, p_i – население i -го региона из перечисленных выше.

На следующем, четвёртом, этапе исследований авторами был составлен список авиакомпаний РФ, имеющих в своём флоте грузовые ВС различных моделей и модификаций. Определено количество ВС, которые могут быть использованы для перевозки вакцины. Мы приняли во внимание грузовой флот крупнейших грузовых авиакомпаний РФ, а также учли, что некоторые из имеющихся ВС уже законтрактованы – эксплуатанты не смогут предоставить их для выполнения грузовых рейсов, так как они обязаны обеспечивать другие рейсы этими ВС.

Количество ВС, которые могут быть использованы для перевозок, определялось из учёта интенсивности использования ВС конкретной авиакомпанией [8], [9].

На пятом этапе исследований были найдены аэропорты, находящиеся в непосредственной близости с местами производства вакцины, а также проанализированы их грузовые пропускные способности и техническое оснащение для приёма таких ВС, как Boeing 747 или Ан-124 «Руслан», данные брались из научной работы [10]. В результате было принято решение о том, что с завода

Научный журнал «Бизнес и общество» №4 (36), 2022
ISSN 2409-6040

«Генериум» (Владимирская обл.), расположенному к востоку от Москвы на незначительном удалении (110 км и 140 км от аэропортов Жуковский и Домодедово соответственно), поставка вакцины будет происходить в эти два аэропорта. Такое решение было принято по нескольким причинам: во-первых, эти аэропорты географически расположены ближе всего к указанному заводу, поэтому временные и финансовые издержки сведутся к минимуму; во-вторых, эти аэропорты – уже зарекомендовавшие себя как грузовые хабы, в которых процесс работы с грузами уже налажен благодаря современной инфраструктуре; в-третьих, в аэропорте Жуковский – одна из самых длинных в мире. Эта особенность позволит повысить безопасность полётов для грузовых ВС, загруженных максимально. Особенно важно это будет для тяжёлых ВС Boeing-747 и Ан-124.

Для завода «Р-Фарм», расположенного в Ярославле, было принято решение о доставке вакцины в аэропорт города Ярославля – Туношна. Этот аэропорт является максимально близким к месту производства, что, безусловно, экономит время доставки. Недостатком аэропорта Ярославля является недостаточно развитая инфраструктура его грузового кластера, что значительно ограничивает пропускную грузовую способность этого аэропорта [11].

Для завода «Биннофарм» наиболее оптимальным аэропортом является аэропорт Шереметьево. Он является как самым близким к этому заводу, так и самым развитым по грузовой инфраструктуре среди всех вышеперечисленных аэропортов – в день грузовой терминал аэропорта может обработать до 1000 тонн грузов. Эти две особенности позволят организовать из аэропорта Шереметьево бесперебойные и эффективные поставки вакцины по всей территории РФ [12].

После определения хабов для отправки вакцины необходимо выделить аэропорты, которые будут выгодны и эффективны в качестве региональных хабов для последующего перераспределения грузов между субъектами РФ. Так, для таких регионов как Амурская область, Хабаровский край и Еврейская АО выгодным хабом является аэропорт города Хабаровск. Организовывать рейс тяжёлого ВС, которое загружено не полностью, через всю территорию страны невыгодно с точки зрения наших важнейших критериев – экономических и временных затрат. Именно поэтому для доставки вакцины в регионы, описанные в данном абзаце, было принято решение – сформировать грузовой хаб в городе Хабаровск.

По аналогичным причинам были приняты решения о формировании ещё 14 хабов на территории РФ: Петропавловск-Камчатский, Якутск, Новосибирск, Екатеринбург, Пермь, Минеральные Воды, Красноярск, Волгоград, Краснодар, Воронеж, Ульяновск, Казань, Брянск, Владикавказ. Следом необходимо распределить направления между хабами с учётом географического взаимоположения аэропортов отправления и назначения и способностью аэропорта принимать те или иные ВС.

Первоначально рассмотрим аэропорт Туношна города Ярославль. Его географическое положение значительно отличается от тройки московских аэропортов – он удалён от столицы на 250 км к северо-востоку. Эта особенность позволит сэкономить время полёта, а значит и его стоимость, при полётах в северном и северо-восточном направлении. При этом необходимо учитывать существенное ограничение – грузовая инфраструктура аэропорта Туношна позволяет обрабатывать до 150 тонн международных грузов в сутки [11].

Первоначально предполагалось, что производственная мощность описанных выше аэропортов будет значительно больше массы грузов, которые необходимо обработать. Однако, как показали расчёты, при использовании только этих аэропортов время между загрузкой первого и последнего ВС составит около 4-5 дней при загрузке аэропортов в соответствии с пропускной грузовой способностью. Это обусловлено нехваткой грузовой инфраструктуры, которая не рассчитана на выполнение такой крупномасштабной задачи в столь короткие сроки. По этой причине авторами было принято решение – использовать грузовой терминал аэропорта Внуково способный обрабатывать до 450 тонн грузов в сутки для ускорения обработки грузов в аэропорту [13]. Вакцина во Внуково будет поставляться с завода «Биннофарм» Красногорского района Московской области. Аэропорту Внуково будут предоставлены южные направления с той целью, чтобы разгрузить грузовые терминалы аэропорта Домодедово.

Было принято решение предоставить аэропорту Шереметьево выполнять рейсы на Дальний Восток. Эта территория нуждается в доставке грузов тяжёлыми грузовыми ВС, а в Шереметьево имеется большой опыт работы с такими типами ВС – авиакомпания AirBridgeCargo выполняет из этого аэропорта большинство своих рейсов [8]. В свою очередь аэропорту Домодедово были отданы направления на Юг и Поволжье. Здесь в основном будут использоваться средние грузовые ВС (B737). Аэропорт способен обрабатывать до 500 тонн грузов в день, этого будет больше, чем

достаточно для бесперебойного обеспечения указанных регионов РФ. Из аэропорта Жуковский будет организована доставка вакцины в регионы Урала и Сибири, которые заселены достаточно густо и нуждаются в тяжёлых грузовых ВС. Особенностью данного аэропорта, как было сказано выше, является наличие самой длинной в Европе ВПП, что позволит безопасно и эффективно эксплуатировать все без исключения ВС. В аэропорте Жуковский среди всех используемых нами аэропортов Москвы наименьшая грузовая пропускная способность – 250 тонн в сутки [14]. В случае нехватки указанной производственной мощности рейсы будут переведены в аэропорт Шереметьево. Он по этому показателю опережает остальные аэропорты МАУ (Московского авиационного узла) – до 1000 тонн в сутки [12].

На 6 этапе исследования каждого из имеющихся пунктов назначений определим тип ВС с указанием количества используемых ВС так, чтобы спрос был удовлетворён. Для этого рассчитаем вес вакцины, готовой и упакованной к транспортировке. Условия транспортировки вакцины – в замороженном состоянии при температурах не выше -18° . Предположим, что транспортировка будет осуществляться в морозильных камерах массой $m_{\text{м.к.}} = 40$ кг и $V_{\text{м.к.}} = 30\text{л} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$. Вакцина, рассчитанная на одного человека, транспортируется в 2 ампулах. Вес самой вакцины $m_{\text{вакц}} = 1\text{г} = 10^{-3}$ кг, вес двух ампул и упаковочного картона для дозы $m_{\text{тары}} = 8\text{г} = 8 \cdot 10^{-3}$ кг. В таком случае 5 доз (10 ампул) в упакованном виде будут иметь массу m_5 :

$$m_5 = (m_{\text{вакц}} + m_{\text{тары}}) \cdot 5; \quad (3)$$

$$m_5 = (1 + 8) \cdot 5 = 45 \text{ г} = 0,045 \text{ кг}.$$

Объём упаковки из 5 доз V_5 при габаритах одной ампулы $1\text{мм} \times 1\text{мм} \times 5\text{мм}$:

$$V_5 = a \cdot b \cdot c \cdot 10; \quad (4)$$

$$V_5 = 0,01 \cdot 0,01 \cdot 0,05 \cdot 10 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

В одну морозильную камеру при поместится $n_{\text{уп}}$ упаковок:

$$n_{\text{уп}} = \frac{V_{\text{м.к.}}}{V_5} \quad (5)$$

$$n_{\text{уп}} = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-5}} = 600 \text{ упаковок}.$$

Рассчитаем массу морозильной камеры $m_{\text{м.к.+вакц}}$, в которой лежат 600 упаковок:

$$m_{\text{м.к.+вакц}} = m_{\text{м.к.}} + m_5 \quad (6)$$

$$m_{\text{м.к.}} = 40 + 600 \cdot 0,045 = 67 \text{ кг}.$$

В таком случае можно рассчитать количество морозильных камер n_i , которые может вместить каждый из перечисленных ВС:

$$n_i = \frac{G_i}{m_{\text{м.к.}}} \quad (7)$$

где G_i – грузоподъёмность i -го типа ВС.

$$n_{B747/Ан-124} = \frac{120\,000}{67} = 1791 \text{ морозильных камер;}$$

$$n_{Ил-76} = \frac{50\,000}{67} = 746 \text{ морозильных камер;}$$

$$n_{B737} = \frac{20\,000}{67} = 298 \text{ морозильных камер.}$$

Рассчитаем количество доз N_i , которые сможет перевезти i -ый тип самолёта:

$$N_i = n_i \cdot n_{\text{уп}} \quad (8)$$

$$N_{B747/Ан-124} = 1791 \cdot 600 = 1\,074\,600 \text{ доз}$$

$$N_{Ил-76} = 746 \cdot 600 = 447\,600 \text{ доз}$$

$$N_{B737} = 298 \cdot 600 = 178\,800 \text{ доз}$$

С учётом этих рассчитанных вместимостей будем подбирать типы ВС под конкретные маршруты. В случае неграмотного планирования рейсов ВС из конкретного аэропорта время ожидания загрузки вакцины на борт ВС может составить 3-5 дней, что в условиях нашей задачи недопустимо. Поэтому для распределения рейсов между аэропортами отправления в первую очередь будем руководствоваться пропускными грузовыми способностями, а во вторую очередь будем учитывать выгоду географического положения, пересечение траекторий ВС.

В первую очередь тяжёлыми ВС обеспечивались отдалённые от аэропортов отправки регионы, доставка грузов в которые возможна только на данных типах ВС в силу ограничения возможностей ВС по дальности полёта. Хабы обеспечивались поставкой вакцины в первую очередь по сравнению с аэропортами, работающими только на свой регион по той причине, что вакцина, доставленная в хаб, обеспечит население сразу двух субъектов.

Переходим к анализу получившейся транспортной сети и выработке предложений по её оптимизации. Авторами были приложены усилия для того, чтобы вакциной был обеспечен каждый желающий того человек, проживающий на территории РФ. При наиболее оптимальном использовании потенциалов грузовых кластеров аэропортов и грузового флота ВС, только от начала загрузки ВС до

прилёта ВС в аэропорт назначения в среднем уйдёт около 3 суток. С учётом времени на разгрузку ВС и выполнения обратного рейса только на доставку вакцины воздушным транспортом уйдёт до 7 дней. Неудовлетворённая потребность населения в вакцине от COVID-19 составит более 24 миллионов доз, что эквивалентно 23 рейсам Boeing-747/Ан-124, 55 рейсам Ил-76 или 138 рейсам грузового Boeing-737.

Мы вынуждены констатировать, что в условиях имеющегося парка грузовых ВС, в короткий срок организовать доставку вакцины до каждого гражданина РФ не получится по двум причинам:

1) Недостаточная производственная мощность аэропортов, расположенных вблизи мест производства вакцины.

2) Недостаточное количество грузовых ВС, способных осуществлять доставку вакцины населению.

Эти причины объяснимы и ожидаемы. В период работы грузовых авиакомпаний и грузовых терминалов аэропорта ещё никогда перед ними не стояла такая беспрецедентная задача доставки такого внушительного потока грузов в кратчайшие сроки.

В связи с этим авторами работы были разработаны следующие предложения, которые позволят значительно ускорить процесс доставки вакцины населению:

1) переоборудование пассажирских ВС в грузовые путём временного демонтажа пассажирских сидений;

2) временное привлечение дополнительного авиаперсонала и техники для увеличения пропускной способности грузовых кластеров аэропортов;

3) привлечение к выполнению рейсов, а также к выполнению погрузочно-разгрузочных работ технических и человеческих ресурсов, а также аэродромов Министерства обороны и Воздушно-Космических Сил Российской Федерации.

Прокомментируем озвученные предложения. Переоборудование пассажирских ВС в грузовые за время пандемии коронавируса зарекомендовало себя как эффективная мера для изыскания дополнительной прибыли авиакомпаниям в условиях резкого падения спроса на авиабилеты, известно, что к таким мерам прибегли «Аэрофлот», «S7 Airlines» и «Уральские Авиалинии» [15]. Использование этого инструмента позволит, во-первых, увеличить столь необходимые провозные ёмкости, во-вторых, оказать поддержку пострадавшим авиакомпаниям.

Вторая предложенная мера позволит увеличить пропускные способности аэропортов – одного из двух действующих ограничений.

Решение о принятии третьего предложения будет приниматься Президентом РФ как главнокомандующим ВС РФ.

Вывод. В описанной работе были изучены возможности как можно скорой доставки вакцины от COVID-19 Спутник-V населению РФ. Был составлен оптимальный план перевозок, включающий в себя аэропорт вылета, прилёта и тип ВС, осуществляющий данный рейс. Был сделан вывод о том, что оперативная доставка вакцины населению невозможна без введения дополнительных производственных мощностей. Предложения о способах увеличения производственных мощностей были сформированы и прокомментированы.

Список использованных источников

1. Авиа.Ру [сайт]. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://www.aviaru.net/m/news/civil/216627> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.

2. Проект КоронаФОМ : [сайт]. – Обновляется в течение суток.– URL: <https://covid19.fom.ru/post/vakcina-ot-covid-19-mnenie-rossiyan-i-medicinskih-rabotnikov> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.

3. РБК : [сайт]. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://style.rbc.ru/health/5f59e5b19a79475e7d0aa66c> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.

4. 11-й Всероссийский межотраслевой молодёжный конкурс научно-технических работ и проектов «Молодёжь и будущее авиации и космонавтики». Аннотации конкурсных работ. 2019 – с.255-256

5. «Генериум» : официальный сайт. – Москва. - Обновляется в течение суток. – URL: <https://www.generium.ru/> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.

6. «Р-Фарм» : официальный сайт . – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://www.r-pharm.com/> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.

7. «Биннофарм» : официальный сайт . – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://binnopharm.ru> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.
8. «Волга-Днепр» : официальный сайт . – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://airline.volga-dnepr.com> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.
9. «224 лётный отряд» : официальный сайт . – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://224lo.com/ru/> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.
10. Егоров А.А., Моисеев Д.В. Оценка перспектив создания регионального хаба для воздушных перевозок//Научная работа//Гражданская авиация: XXI век. Сборник материалов XI международной молодёжной научной конференции. Ульяновск 2019, с. 146-148
11. Аэропорт Ярославля – Туношна: официальный сайт. – Ярославль. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://www.yaravia.ru/> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.
12. Аэропорт Шереметьево: официальный сайт . – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://www.svo.aero/ru/main> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.
13. Аэропорт Внуково: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://www.vnukovo.ru/> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.
14. Аэропорт Жуковский: официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://zia.aero/> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.
15. ТАСС : информационное агентство России : [сайт]. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://tass.ru/ural-news/9361153> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.
16. Росстат : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 27.09.2020). – Текст : электронный.