

# Инновационное развитие авиастроения и перспективы роста авиационной подвижности населения



**В. В. Клочков,**  
Д. Э. Н., К. Т. Н., В. Н. С., Институт проблем  
управления им. В. А. Трапезникова РАН  
vlad\_klochkov@mail.ru



**С. М. Рождественская,**  
начальник отдела, Национальный  
исследовательский центр «Институт  
им. Н. Е. Жуковского  
sonyakrupina@gmail.com

*Перспективы роста авиационной подвижности могут оказывать влияние на образ жизни людей, конъюнктуру рынков труда. В данной работе рассматривается гипотетический сценарий перехода работников некоторых профессий к практически ежедневным поездкам к местам работы. Предложена экономико-математическая модель, в которой оценивается возможный прирост ставки заработной платы по мере усиления конкуренции работодателей при расширении «области поиска» благодаря повышению мобильности работников. Кроме того, учитываются затраты и потери, связанные с полетами к местам работы, и определяется оптимальный для работника «радиус поиска», при котором чистый доход, за вычетом затрат и потерь, будет максимальным. Определяются пороговые уровни средней производительности труда, а также параметров воздушного транспорта — скорости и стоимости полетов — при которых рассматриваемая модель трудового поведения становится предпочтительной для работника. Оцениваются резервы роста емкости рынков авиаперевозок и авиационной техники при переходе некоторой доли работников к ежедневным полетам. Таким образом, определяются требования к уровню развития авиационных технологий, при котором возможен радикальный рост авиационной подвижности населения и емкости соответствующих рынков. Разработанные методы и полученные результаты могут использоваться при формировании «образа будущего» авиации и других отраслей экономики, облик которых может меняться при появлении новых возможностей обеспечения мобильности населения.*

**Ключевые слова:** авиационная подвижность, спрос на авиаперевозки, рынки труда, мобильность, прогнозирование, экономико-математическая модель.

## Введение

В настоящее время развитие авиационных технологий существенно замедлилось и вошло в фазу насыщения. Об этом свидетельствуют тренды количественных характеристик авиационной техники [16] и анализ ее качественных изменений. В рамках современных технологий создание существенно лучших, «прорывных» типов продукции гражданского авиастроения становится практически невозможным, как обосновано, например, в работах [2, 4]. При этом принципиально новые технологии, обладающие «прорывным» преимуществом, пока достоверно неизвестны и в настоящее время еще не достигли даже уровня совершенства современных технологий, т. е. имеет место технологический разрыв [8]. Эта особенность современного этапа технологического развития мировой авиации приводит, в частности, к тому, что сложив-

шийся статус-кво на рынке гражданской авиатехники, явно неблагоприятный для российского авиастроения, становится весьма стабильным, и нет возможности значимо поколебать рыночные позиции нынешних лидеров отрасли — прежде всего, Boeing (США) и Airbus (ЕС). Экономический анализ [12] показывает, что в сложившейся ситуации, при современной конъюнктуре рынков авиаперевозок, стоимостная емкость рынков продукции авиастроения (т. е. изделий авиационной техники и их послепродажного обслуживания), вероятнее всего, будет сокращаться при входе на рынок новых участников. Поэтому стратегии нынешних лидеров направлены, в том числе и на недопущение появления значимых конкурентов. Об этом свидетельствует и включение в глобальные сетевые структуры наиболее вероятных новых игроков, прежде всего, КНР, в которой ведущие мировые авиастроительные компании открывают свои предприятия [13]. При

этом КНР имеет значительные рычаги воздействия на лидеров отрасли благодаря большой емкости своего рынка. В то же время, нынешние лидеры мирового гражданского авиастроения имеют значительные возможности блокирования появления конкурентов благодаря тому, что они аффилированы с авиационными властями, контролирующими значительную часть регионов мира.

Таким образом, возможности для российского авиастроения вновь занять значительную долю мирового рынка гражданской авиационной техники, достичь экономически рентабельных масштабов производства, связаны с преодолением нынешнего технологического разрыва и разработкой таких технологий, которые позволили бы значимо увеличить общую емкость мирового и российского рынков авиаперевозок и продукции авиационной промышленности. При этом, в силу географической и социально-экономической специфики России, вероятнее всего, такой прорыв обеспечил бы и высокую емкость внутренних российских рынков, решение важных социально-экономических задач национального масштаба, не сводящихся лишь к улучшению положения воздушного транспорта и гражданского авиастроения. Иначе говоря, следует искать пути радикального повышения авиационной подвижности населения, как в России, так и в целом ряде развивающихся стран мира (а, возможно, и развитых). От возможности или невозможности осуществления такого «скачка» зависят не только перспективы российской авиации, но и будущее целого ряда отраслей народного хозяйства, благосостояние и качество жизни широких слоев населения. Следует искать пороговые уровни параметров технологий и внешних условий, при которых реализуется искомый сценарий радикального роста авиационной подвижности населения.

## **Перспективы роста авиационной подвижности населения и «образ желаемого будущего» авиации**

В долгосрочной перспективе прогноз будущего облика авиации определяется не столько внутренней логикой развития воздушного транспорта и авиастроения, сколько перспективами изменения самого образа жизни человечества. И ответ на вопрос «какой должна стать авиация будущего?» требует ответа на вопрос «какой станет в будущем сама жизнь<sup>1</sup>?» Перспективы радикального повышения авиационной мобильности населения Земли зависят не только от себестоимости авиаперевозок (и прочих ограничивающих факторов — ресурсных, экологических и др., связанных именно с авиацией), но и от образа жизни

населения в будущем, от видов занятости, от общего уровня благосостояния и развития прочих отраслей экономики. Уже сегодня нередко люди летают мало не потому, что летать дорого, а потому, что дорого времяпрепровождение в пункте назначения, либо, они не имеют достаточного свободного времени. Таким образом, значительная неопределенность будущего авиации связана с социально-экономической ситуацией, с технологическими и организационными изменениями в прочих отраслях. В то же время, появление новых технологических возможностей в авиации может привести к существенным изменениям в прочих отраслях экономики и различных областях жизни. Долгосрочное прогнозирование будущего авиации и авиастроения должно учитывать возможности таких качественных изменений. Строить «образ желаемого будущего» авиации можно лишь совместно с образом желаемого будущего всей экономики, общества, культуры, самых разных сфер жизни, поскольку между ними существуют разнообразные прямые и обратные связи.

Как известно, основные категории авиапассажиров [7] — это:

- туристы, следующие к/из мест отдыха,
- и деловые пассажиры — командировочные, либо, работающие вахтовым методом и следующие от места жительства к местам работы и обратно.

В настоящее время доля туристов, как правило, совершающих перелеты за свой счет, варьирует в различных странах и регионах мира, по различным оценкам, приблизительно от 50 до 70%. Причем, значительное, многократное повышение подвижности именно этой категории пассажиров маловероятно. Во-первых, уже в настоящее время радикальный рост объема турпоездки ограничивается не столько дороговизной авиаперелетов, сколько стоимостью времяпрепровождения в пункте назначения. Во-вторых, сама частота турпоездки в течение года ограничена малой продолжительностью оплачиваемых отпусков, в том числе в большинстве развитых стран мира. То есть каждый день, проведенный работником в турпоездках, сокращает его рабочее время и доход, излишки которого<sup>2</sup> и могли быть потрачены на турпоездки. Разумеется, в долгосрочной перспективе, в связи с роботизацией экономики, высвобождением времени и сил человека, нельзя исключать возможностей значительного увеличения резервов свободного времени, которые могут быть потрачены, в том числе и на путешествия. Прогнозирование таких эффектов требует комплексного анализа будущих изменений занятости и доходов населения<sup>3</sup>, баланса труда и отдыха. Причем, собственно влияние роботизации и автоматизации многих производств на

<sup>1</sup> Необходимость такого подхода к долгосрочному прогнозированию развития технологий подчеркивает один из ведущих специалистов в этой области, д. э. н., профессор Л. М. Гохберг.

<sup>2</sup> Здесь следует подчеркнуть, что, по общепринятой классификации Энгеля и Торнквиста [3], турпоездки относятся к благам второй необходимости. Т. е. спрос на них индивиды начинают предъявлять лишь тогда, когда потребности в благах первой необходимости удовлетворены полностью. Кроме того, в целях настоящего исследования важно, что для благ этой категории характерно насыщение: по достижении некоторого уровня потребления спрос на них перестает расти по мере роста доходов.

<sup>3</sup> В статьях [5, 6] была предпринята попытка провести такой анализ с помощью предложенной авторами модели подвижности пассажиров-туристов, совершающих поездки за свой счет. В центре внимания были именно технологические изменения — появление гипотетического нового вида скоростного транспорта. Однако решающее значение в увеличении емкости туристического сегмента рынка авиаперевозок имеет именно социально-экономическая ситуация, режим труда и отдыха, развитие смежных отраслей, прежде всего, самой туристической индустрии.

доходы населения в различных странах мира, занятость различных его групп, наличие свободного времени даже в настоящее время видится экономистам весьма неоднозначным (см. [14]<sup>4</sup>).

В данном исследовании предлагается обратить внимание на другой сегмент рынка пассажирских авиаперевозок — на деловые поездки. Если в настоящее время они являются, в основном, эпизодическими, и связаны либо с командировками, либо с поездками вахтовых работников, которые также имеют периодичность порядка нескольких недель, то в принципе, в долгосрочной перспективе, можно рассмотреть возможность практически ежедневных полетов на работу и с работы. Заметим, что стратегические планы США предусматривают такие возможности для 10-15% занятых к 2025 г. [19]. Причем, в отличие от сегмента туристических авиаперелетов, именно в сегменте деловых поездок, в особенности, поездок к месту работы и обратно, скрыты резервы наиболее значимого прироста подвижности населения, поскольку такие поездки совершаются сотни раз в год, в отличие от туристических.

Насколько реалистичен сценарий перехода к практически ежедневным полетам к месту работы, и при каких условиях (социально-экономических и технологических) он реализуется? Фактически, это может быть реализовано (даже без учета ресурсных ограничений) и может быть целесообразным в следующих случаях:

- в отдаленных, труднодоступных и малонаселенных регионах (ОТДМР), где авиация может быть предпочтительным средством транспорта, в том числе и в ежедневных поездках;
- при совершении ежедневных поездок на расстояния порядка 1000 км, на которых воздушный транспорт конкурирует со скоростным наземным (в густонаселенных местностях);
- при совершении дальних поездок — на несколько тысяч км, что возможно за приемлемое время лишь на сверхзвуковых пассажирских самолетах.

Уже в настоящее время в урбанизированных регионах стала массовой маятниковая миграция работников между местом проживания и местом работы, причем, весьма дальняя — например, в крупных городских агломерациях ее характерная дальность составляет десятки км ежедневно. Не редкость (в том числе в России) и поездки на расстояние 100-200 км, как правило, совершаемые на пригородном железнодорожном транспорте, на легковых автомобилях и автобусах. Анализируя долгосрочные перспективы развития гражданской авиации, можно рассматривать ее и как средство подобной «сверхдальней маятниковой миграции», существенно расширяющей возможности разме-

щения предприятий, районов расселения и рекреации (в том числе возможности активного освоения благоприятных для проживания территорий, на которых недопустимо размещение производств). Такая возможность, в свою очередь, может радикально менять конъюнктуру на рынках жилья, которая в настоящее время практически полностью определяется близостью к крупнейшим центрам как точкам сосредоточения финансовых, информационных потоков, органов управления и т. п. В целом, радикальное повышение авиационной мобильности населения могло бы решить весьма острую проблему дисбалансов пространственного развития нашей страны, для которой в последние десятилетия характерна усиливающаяся концентрация населения — особенно экономически активного и молодого — в нескольких крупнейших агломерациях, при постепенной деградации значительных территорий, в том числе вполне привлекательных с природно-климатической и культурной точек зрения.

Но, если маятниковая миграция, как правило, подразумевает лишь поездки к стационарному месту работы, хотя и удаленному от места жительства, то, помимо этого, интересно рассмотреть перспективы развития принципиально новых форм занятости, подразумевающих высокую мобильность и гибкость в выборе мест приложения работниками своих компетенций. Имеется в виду возможность регулярно летать в различные пункты назначения, выполняя отдельные заказы и работы. Упомянутые планы достижения ежедневной авиационной мобильности для нескольких процентов населения в США касаются, в основном, именно этих случаев. Уже в настоящее время работники ряда профессий ведут подобный образ жизни<sup>5</sup> (пока совершая поездки на существенно меньшие расстояния, и с использованием наземного автомобильного или железнодорожного транспорта). К подобным профессиям относятся высококвалифицированные медики (как, например, оперирующие хирурги, так и консультирующие врачи, выполняющие роль экспертов на консилиумах), адвокаты, научные работники и университетские лекторы, консультанты различного профиля (от управленческого до инженерного консалтинга), архитекторы и дизайнеры. Следует подчеркнуть, что далеко не всегда личное присутствие специалиста могут заместить информационные и телекоммуникационные технологии, хотя они также продвинулись весьма существенно, позволяя проводить не только дистанционные мастер-классы, видеоконференции и онлайн-лекции, но даже дистанционные хирургические операции, управляемые высококвалифицированными хирургами с помощью сенсорной техники, мехатроники и устройств виртуальной реальности. И тем не менее,

<sup>4</sup> Также см. [21, 22].

<sup>5</sup> Разумеется, уже несколько десятков лет такой образ жизни характерен и для бизнесменов, совершающих деловые поездки в различные регионы для переговоров и заключения сделок (как правило, они пользуются персональными летательными аппаратами деловой авиации, создавая спрос на бизнес-джеты и т. п. Прогнозированию таких рынков посвящен целый ряд работ, как за рубежом, так и в нашей стране, см. [17, 19, 21], причем, рассматриваются и долгосрочные перспективы — например, «модель однодневной деловой поездки» при появлении скоростных транспортных средств, таких как сверхзвуковые деловые самолеты). То же самое касается чиновников, деятелей шоу-бизнеса, дипломатов и т. п. Однако здесь речь идет о более массовых категориях наемных или самозанятых работников, которые, в свою очередь, могут значительно повлиять на общий спрос на авиаперевозки. Впрочем, в настоящее время в ряде секторов российского рынка авиаперевозок основную долю спроса создают исключительно малочисленные категории граждан, например, работники сферы государственного управления.

необходимость личного присутствия в различных регионах страны и мира высококвалифицированных специалистов ряда профессий не исчезнет в обозримом будущем даже несмотря на развитие описанных технологий.

Также важно подчеркнуть, что, несмотря на кажущуюся малую актуальность описанных перспектив роста авиационной подвижности для России (по сравнению с США и странами ЕС, в которых доступность авиаперелетов составляет 85-90%, а не 20-30%, как в РФ), именно в условиях нашей страны такие перспективы следует рассматривать особенно тщательно. Причина — в ее специфических природно-географических и демографических особенностях. Для большей части территории Российской Федерации характерны низкая плотность населения, большие расстояния между крупными центрами — порядка тысяч км. В связи с этим, возникает объективный дефицит высококвалифицированных специалистов и неудовлетворительная обеспеченность их услугами, что, в свою очередь, снижает качество жизни на обширных территориях. Далее включается положительная обратная связь, итоги которой: самоподдерживающуюся деградацию большей части территории страны, ее прогрессирующую провинциализацию, при гипертрофии немногочисленных столиц (снижающей качество жизни и в них), — нельзя признать положительными. В то же время, режим труда и отдыха, например, высококвалифицированного педагога и ученого, читающего лекции в вузах, вполне допускал бы чтение им лекций в нескольких городах страны в течение каждой недели<sup>6</sup>, при обеспечении приемлемых стоимости, длительности и комфорта таких перелетов. Именно в стране с низкой плотностью населения и большой протяженностью территории такие формы занятости и мобильности квалифицированных специалистов могут стать актуальными уже в ближайшее время, даже при нынешних параметрах технологического и социально-экономического развития.

## Моделирование взаимосвязи мобильности населения, доступности авиаперевозок и конъюнктуры рынков труда

Здесь предполагается проанализировать возможности качественного изменения конъюнктуры рынков труда ряда профессий, обусловленного скачкообразным повышением мобильности работников, и оценить пороговые уровни скорости и стоимости перевозок<sup>7</sup>, при которых станут массовыми новые формы занятости населения, подразумевающие почти ежедневные полеты к месту работы и обратно. Этот порог, в свою

очередь, означает для гражданской авиации благоприятную возможность качественного повышения спроса на авиаперевозки, а для авиастроения — возможность многократного роста спроса на воздушные суда.

Методологический подход к оценке таких возможностей может быть аналогичен подходу, использованному при построении модели конъюнктуры территориально распределенных рынков труда [1]. В указанной модели индивиды сравнивают две альтернативы:

- довольствоваться локальным рынком труда, на котором определенный работодатель является монополистом (т. е. демонстрировать «пассивное» трудовое поведение),
- либо активно выходить на «глобальный» рынок труда (возможно, ограниченный пределами страны или ее части), преодолевая определенный «барьер межрегиональной мобильности», выраженный в стоимостной форме.

На последнем рынке уже наблюдается конкуренция среди работодателей, отражающаяся на конъюнктуре рынка, на равновесной ставке заработной платы (в сторону ее повышения).

В данном исследовании, в отличие от указанной модели, нет необходимости вводить искусственную величину «барьера мобильности». Можно непосредственно учитывать прямые денежные затраты индивида на полеты к местам работы и обратно, а соответствующие затраты времени вычитать из общего «бюджета» рабочего времени, который индивид может (с физиологической и санитарно-гигиенической точек зрения) потратить на работу и проезд к месту работы в течение рабочего дня. Таким образом, индивид, принявший решение летать к местам работы ежедневно, с одной стороны, может рассчитывать на более высокую почасовую ставку оплаты своего труда, благодаря конкуренции среди территориально распределенных работодателей. Причем, чем выше допустимая дальность полетов, тем шире охват территории и больше потенциальных работодателей. С другой стороны, индивид, летающий к месту работы, теряет часть рабочих часов, а также несет прямые денежные затраты на полеты. Следует особо подчеркнуть, что такая альтернатива при выборе степени мобильности и трудового поведения — «поехать в мегаполис за конкурентной заработной платой, либо, довольствоваться местным рынком труда в своем городе» — уже вполне привычна для жителей пригородов и городов-спутников крупнейших центров России, но реализуется пока, разумеется, на существенно меньших расстояниях и при помощи наземного городского и пригородного транспорта. Здесь предлагается распространить ее на существенно большие расстояния, скорости перевозок и масштабы рынков труда.

<sup>6</sup> Поскольку для усвоения материала целесообразно читать лекции по каждой дисциплине лишь периодически, не чаще 1-2 раз в неделю, перемежая их практическими занятиями и другими дисциплинами (для формирования целостного представления о природе и обществе, о взаимосвязи различных научных дисциплин), а не стремиться концентрированно прочитать весь материал за 1-2 недели, что соответствует получившей в последние годы большое распространение модульной системе обучения. Следует подчеркнуть, что она стала популярной именно по экономическим соображениям, а отнюдь не по психолого-педагогическим. Помимо утомляемости и невозможности «переключения» на другие дисциплины, она исключает возможность показать взаимосвязь различных научных дисциплин, их полезность друг для друга.

<sup>7</sup> Строго говоря, они могут быть не одномерны — может существовать некоторая граница допустимой области в пространстве этих параметров.

Здесь предлагаются следующие спецификации количественных моделей (хотя, разумеется, они не являются единственно возможными, и в рамках предложенного подхода можно использовать более сложные и корректные частные модели). Рассмотрим рынок труда с совершенной конкуренцией предложения (т. е. наемных работников много, и они разобщены), на котором работает произвольное число работодателей  $N$ . Если все эти предприятия работают на совершенно конкурентном рынке соответствующей продукции, и каждое нанимает на рынке труда работников, не ожидая реакции других работодателей (т. е. реализуется так называемая модель Курно), можно показать, что равновесная почасовая ставка заработной платы на этом рынке будет определяться следующей формулой (см., например, [3]):

$$z^* = \frac{MPL_i}{1 + \frac{\alpha_i}{\varepsilon_z^L}},$$

где  $MPL_i$  — предельная производительность труда (также в почасовом исчислении) работников рассматриваемой профессии на  $i$ -й фирме,  $i=1, 2, \dots, N$ ;  $\varepsilon_z^L$  — эластичность предложения труда работников данной профессии по ставке заработной платы;  $\alpha_i$  — доля  $i$ -го работодателя на рынке труда, равная  $L_i/L_\Sigma$  (где  $L_i$  — число занятых на  $i$ -й фирме;  $L_\Sigma$  — число работников данной профессии, занятых во всей отрасли). Если считать работников данной профессии и требования к ним однородными, устанавливается единая ставка заработной платы. На первый взгляд, это противоречит приведенной формуле, поскольку правые части могут различаться для фирм с разной производительностью труда. Однако правые части для всех фирм уравниваются за счет того, что фирмы с более высокой производительностью займут большие доли на рынке.

Как видно из приведенной формулы, наименьшей ставка заработной платы будет на рынке монополии, т. е. при  $N=1$ :

$$z_{\text{мон}}^* = z^*(1) = \frac{MPL_{\text{мон}}}{1 + \frac{1}{\varepsilon_z^L}}.$$

И если работники не готовы покинуть свое текущее место жительства (в котором, как предполагается, один потенциальный работодатель все-таки существует), именно такой почасовой ставкой заработной платы им придется довольствоваться. Однако они могут, в принципе, согласиться на поездки к удаленным местам работы, если там предлагают более высокую зарплату. В этом случае работник уже предлагает свой труд на «глобальном» рынке труда в своей профессии, на котором действует  $N$  конкурирующих работодателей. Для упрощения оценок будем считать их одинаковыми, тогда  $MPL_1 = \dots = MPL_N = MPL$ , и  $\alpha_1 = \dots = \alpha_N = 1/N$ . Равновесная почасовая ставка заработной платы на таком рынке поднимется до следующего уровня:

$$z^*(N) = \frac{MPL}{1 + \frac{1}{N\varepsilon_z^L}}.$$

Рассмотрим зависимость доступного индивиду количества работодателей от расстояния, которое

он готов преодолевать по пути на работу. Например, можно принять простейшее допущение о том, что площадь территории, охватываемой индивидом в поисках работы, возрастает как квадрат соответствующего расстояния, а потенциальные работодатели распределены по площади равномерно. Таким образом, с ростом преодолеваемого расстояния количество потенциальных работодателей возрастает квадратичным образом:

$$N = \rho R^2,$$

где  $\rho$  — плотность распределения потенциальных работодателей по территории;  $R$  — расстояние, преодолеваемое по пути на работу (разумеется, оно должно быть таким, чтобы на площади, охватываемой характерным «плечом» перелетов, размещалось более 1 потенциального работодателя, т. е.  $R \geq 1/\rho^{1/2}$ ).

Эту зависимость можно использовать, оценивая почасовую ставку оплаты труда работников, согласных на перелеты к месту работы:

$$z^*[N(R)] = \frac{MPL}{1 + \frac{1}{\rho R^2 \varepsilon_z^L}}.$$

Разумеется, использованная здесь модель «изотропной» системы расселения сильно упрощена, схематична, абстрактна, и в реальности преодолеваемое расстояние до потенциальных мест работы может сильно варьировать в различных регионах страны (например, в европейской части России, а также в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах), и даже в различных направлениях перемещения. Предлагаемая модель рассчитана на предварительные оценки порядков величины параметров, при которых будут наблюдаться искомые качественные эффекты повышения авиационной мобильности.

При ежедневных полетах существенную роль будут играть постоянные составляющие времени в пути и стоимости поездок. Наличие таких постоянных, не зависящих от расстояния, временных и денежных затрат обусловлено такими факторами как

- поездки на подвозящем транспорте в/из аэропортов,
- начально-конечные операции в аэропортах,
- постоянные составляющие длительности полета, не зависящие от его дальности — на взлет и набор высоты, заход на посадку и посадку, маневры в районе аэропортов и т. п.

Обозначим  $T_{\text{раб}}$  описанный ранее общий суточный «бюджет» рабочего времени индивида;  $\nu$  — среднюю крейсерскую скорость полета, без учета постоянных составляющих его длительности, км/ч;  $\Delta T_0$  — постоянную часть времени в пути, ч, включающая в себя вышеперечисленные составляющие.

Тогда чистое рабочее время индивида в течение дня составит, в часах,

$$T_{\text{раб}} - \Delta T_0 - R/\nu.$$

Разумеется, максимальное расстояние, преодолеваемое индивидом по пути к месту работы, должно удовлетворять естественному ограничению:

$$R \ll R_{\max} = (T_{\text{раб}} - \Delta T_0) \nu.$$

«Бюджет» рабочего времени индивида конечен, и если он составляет, например, 8 часов в сутки, а индивиду придется проводить в дороге 2 часа в каждую сторону, непосредственно для работы останется 4 часа, а если по 3 часа, то фактическое время работы сократится до 2 часов, что уже может стать бессмысленным с содержательной точки зрения. Впрочем, рационально действующий индивид «автоматически» не превысит и даже не приблизится к указанным порогам, выбирая оптимальную для себя форму занятости и режима труда и отдыха.

Обозначим  $p$  — километровый тариф на воздушном транспорте, ден. ед./пасс.-км, а  $C_0$  — постоянные затраты на поездки, включая постоянную часть авиационного тарифа, не зависящую от дальности, и стоимость поездок на подвозящем транспорте в/из аэропортов. Тогда из суммы доходов, полученных в течение дня за «чистое» рабочее время, следует вычесть суммарные денежные затраты на поездки, и в результате получится сумма чистого дохода индивида, летающего к месту работы, за рабочий день:

$$\begin{aligned} Z_{\text{чист}} &= \left( T_{\text{раб}} - \Delta T_0 - \frac{R}{\nu} \right) z^* [N(R)] - C_0 - pR = \\ &= \left( T_{\text{раб}} - \Delta T_0 - \frac{R}{\nu} \right) \frac{\text{MPL}}{1 + \frac{1}{\rho R^2 \varepsilon_z^{L^s}}} - C_0 - pR \rightarrow \max_R, \end{aligned}$$

т. е. рационально действующий индивид будет оптимизировать допустимое расстояние поездок по критерию максимума чистого дохода. При этом он будет сравнивать полученный результат (максимум чистого дохода за рабочий день,  $Z_{\text{чист}}(R_{\text{opt}})$ , где  $R_{\text{opt}} = \arg \max Z_{\text{чист}}(R)$ ) с доходом, который он мог бы получать по месту своего жительства, не теряя времени и не тратя средств на полеты, но довольствуясь почасовой ставкой, установленной локальным работодателем-монопсонистом:

$$Z_{\text{мон}} = T_{\text{раб}} z_{\text{мон}}^* = T_{\text{раб}} \frac{\text{MPL}}{1 + \frac{1}{\varepsilon_z^{L^s}}}.$$

Таким образом, ежедневный налет индивида составит

$$R_{\text{сут}} = \begin{cases} R_{\text{opt}}; & Z_{\text{чист}}(R_{\text{opt}}) > Z_{\text{мон}} \\ 0; & Z_{\text{чист}}(R_{\text{opt}}) \leq Z_{\text{мон}}. \end{cases}$$

В реальности, вероятно, индивид потребует, чтобы чистый доход при ежедневных полетах не просто сравнялся, но существенно превышал доход при «пассивном» поведении, т. е. занятости только по месту жительства. При сопоставлении этих альтернатив определенную (в том числе денежную) оценку получают разнообразные неудобства и риски, связанные с полетами — в том числе не только и не столько риски попадания в авиационное происшествие, сколько риски задержки рейсов, опозданий на работу и с работы и т. п. Несмотря на существенное повышение уровня комфорта на борту воздушных судов к началу XXI столетия, до сих пор авиаперелеты создают опреде-

ленную нагрузку на организм человека, включая, прежде всего,

- перепады давления при наборе высоты и снижении,
- изменения влажности воздуха по сравнению с естественными уровнями,
- вынужденное ограничение подвижности на протяжении полета (хотя при рассматриваемых здесь ежедневных полетах оно непродолжительно, в сравнении с дальнемагистральными транс- и межконтинентальными перелетами, на которых оно уже становится значимой медико-санитарной проблемой, критичной с точки зрения угрозы жизни и здоровью авиапассажира, подробнее см. [18]<sup>8</sup>) — даже в большей степени, чем, например, в поездах.

С точки зрения прогнозирования развития воздушного транспорта и авиастроения, полученные оценки далее можно использовать следующим образом. Для рассматриваемой категории работников, имеющих среднечасовую предельную производительность труда  $\text{MPL}^k$  (где  $k=1, 2, \dots, m$  — номер группы населения в распределении по уровню производительности труда) в результате решения описанной оптимизационной задачи определяется оптимальная дальность ежедневных перелетов  $R_{\text{opt}}$ . Ее произведение на численность данной категории работников  $L^k$  и на количество рабочих дней в году  $t_{\text{год}}$  дает оценку вклада изучаемой категории поездок в общий годовой пассажирооборот воздушного транспорта. В целом, его прирост благодаря изучаемому здесь эффекту «ежедневных полетов» составит

$$\Delta W = \sum_{k=1}^m t_{\text{год}} L^k R_{\text{сут}} (\text{MPL}^k).$$

Произведение двух первых сомножителей, а также индикатора

$$\delta^k (\text{MPL}^k) = \begin{cases} 1; & Z_{\text{чист}}(R_{\text{opt}}) > Z_{\text{мон}} \\ 0; & Z_{\text{чист}}(R_{\text{opt}}) \leq Z_{\text{мон}}, \end{cases}$$

показывающего, будут ли вообще работники с такой производительностью труда заинтересованы в ежедневных полетах, отражает вклад данной группы работников в прирост объема перевозок воздушным транспортом. В целом, последний составит

$$\Delta X = \sum_{k=1}^m t_{\text{год}} L^k \delta^k (\text{MPL}^k).$$

### Анализ взаимосвязи развития авиационных технологий, мобильности населения и конъюнктуры рынков труда

Проведем параметрические расчеты с применением предложенной здесь модели, чтобы оценить порядка величины параметров (технологических — показателей длительности и стоимости поездок, а также социально-экономических — производительности труда), при которых рассматриваемая здесь

<sup>8</sup> Также см. статью [23].

модель трудового поведения в принципе может быть актуальной. Примем следующие значения параметров модели:

- предельная производительность труда  $MPL = 2500$  ден. ед./чел.·ч;
- эластичность предложения труда по ставке зарплаты  $\varepsilon_z^L = 0,2$ ;
- общий суточный «бюджет» рабочего времени индивида  $T_{\text{раб}} = 10$  ч;
- «плотность» размещения потенциальных работодателей на территории  $\rho = 10$  ед./млн км<sup>2</sup>;
- средняя крейсерская скорость полета  $v = 500$  км/ч;
- постоянная часть времени в пути  $\Delta T_0 = 2$  ч;
- километровый тариф на воздушном транспорте  $p = 5$  ден. ед./пасс.-км;
- постоянные затраты на поездки  $C_0 = 1000$  ден. ед./пасс.

В начальном наборе исходных данных параметры скорости и длительности поездок приняты на уровне, характерном для нынешнего этапа развития воздушного транспорта, несмотря на то, что предметом анализа являются долгосрочные, на 30-50 и более лет, перспективы развития авиации. Здесь не рассматриваются, например, сверхзвуковые скорости полета, поскольку интерес представляют именно относительно массовые категории потенциальных авиапассажиров. Ежедневные рабочие поездки со сверхзвуковыми скоростями стали бы целесообразными при характерных дальностях, хотя бы, 5-6 тыс. км, что уже вряд ли предполагает массовость таких полетов, в обозримом будущем. Вероятнее всего, сверхзвуковые перелеты на регулярной основе смогут совершать, прежде всего, пользователи деловых самолетов, в рамках «однодневных деловых поездок».

Прежде всего, интересно оценить пороговые уровни производительности труда, которые сделают актуальными ежедневные рабочие поездки уже при нынешнем уровне развития воздушного транспорта. На рис. 1 изображен полученный при вышеописанных исходных данных график зависимости чистого дохода индивида за рабочий день от преодолеваемого расстояния  $Z_{\text{чист}}(R)$ . Звездочкой на оси ординат (что соответствует  $R \equiv 0$ ) показано значение дохода индивида, который не

совершает дальних поездок и довольствуется ставкой зарплаты, установленной монополистом,  $Z_{\text{мон}}$ .

Из графика на рис. 1 видно, что оптимальная дальность рабочих поездок составляет  $R_{\text{opt}} = 1000$  км. При этом максимально достижимый чистый доход индивида составляет 4000 ден. ед./сут., тогда как при «пассивной» стратегии он получал бы 4167 ден. ед./сут. Таким образом, совершать ежедневные полеты в поисках работы данной категории работников невыгодно. Рассмотрим теперь вдвое более высокое значение производительности труда:  $MPL = 5000$  ден.ед./ч. Прочие исходные данные остаются неизменными. На рис. 2 изображены получившиеся при таких параметрах модели графики.

Теперь оптимальная дальность рабочих поездок составляет  $R_{\text{opt}} = 1000$  км. При этом максимально достижимый чистый доход индивида составляет = 14000 ден. ед./сут., тогда как при «пассивной» стратегии он получал бы = 8300 ден. ед./сут. Т. е. совершать ежедневные рабочие поездки уже становится выгодным. Таким образом, уже при нынешних технико-экономических параметрах воздушного транспорта, рассматриваемая модель трудовой мобильности может быть актуальной для работников, часовая производительность труда которых составляет порядка 3000 руб./чел.·ч и выше (что соответствует среднемесячной производительности труда около 500-600 тысяч руб./чел.·мес.). В настоящее время доля таких рабочих мест в российской экономике ниже 1% и, видимо, даже 0,1% (в оценке приходится пользоваться косвенными данными: во-первых, более доступны сведения о зарплатах, а не производительности труда, при этом зарплаты, как правило, ниже производительности труда; во-вторых, по данным Росстата за 2016 г., зарплату свыше 1 млн руб. в месяц получало 0,018% россиян, тогда как свыше 100 тыс./руб. в месяц — 3,2%, см. [5]), но в долгосрочной перспективе она может и должна возрастать. Для последующих оценок следует обращаться к долгосрочным прогнозам социально-экономического развития России.

Рассмотренный эффект улучшения конъюнктуры рынка труда для наемных работников при повышении их мобильности, разумеется, не является единственным возможным фактором существенного

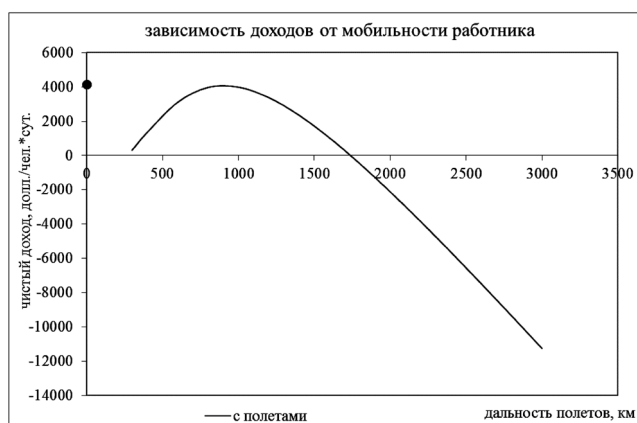


Рис. 1. Зависимости чистого суточного дохода индивида от «радиуса поиска» работы (пример 1)

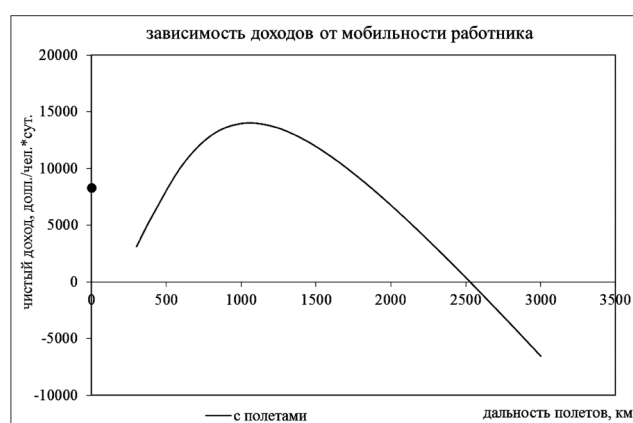


Рис. 2. Зависимости чистого суточного дохода индивида от «радиуса поиска» работы (пример 2, повышение производительности труда)

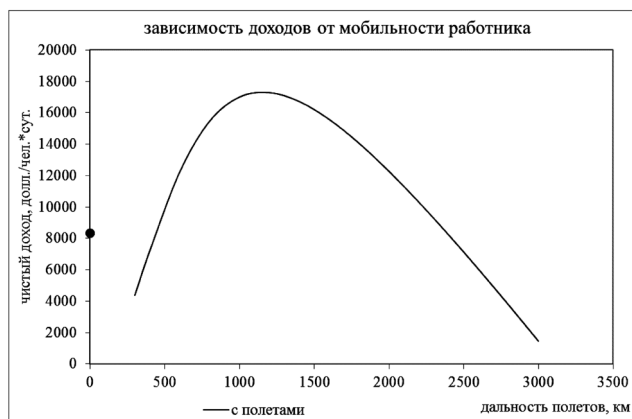


Рис. 3. Зависимости чистого суточного дохода индивида от «радиуса поиска» работы (пример 3, снижение стоимости поездок)

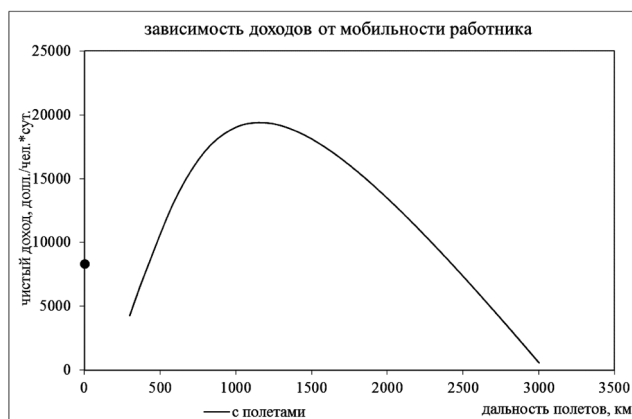


Рис. 4. Зависимости чистого суточного дохода индивида от «радиуса поиска» работы (пример 4, сокращение постоянной составляющей времени в пути)

повышения авиационной мобильности населения в долгосрочной перспективе. Вероятнее всего, повышенная авиационная мобильность будет характерна (в начальный период рассматриваемого сценария ее многократного роста) именно для представителей высокооплачиваемых интеллектуальных и/или творческих профессий, наподобие рассмотренных ранее. В то же время, некорректно ограничиваться лишь ими, поскольку перспективы кардинального повышения мобильности рабочей силы расширяют и возможности эффективной организации труда в иных профессиях — например, ремонтного и аварийно-восстановительного персонала, наладчиков сложного оборудования<sup>9</sup>, и т. п. Вполне возможно, что представители ряда профессий и не требуются на конкретном месте в течение полного рабочего дня или недели (помимо указанных, это могут быть преподаватели, врачи, бухгалтеры и аудиторы, и т. п.). Нынешняя альтернатива — постоянное содержание таких работников с относительно низкой загрузкой (обусловленной характером их трудовых функций) непосредственно вблизи объектов приложения их компетенций. Однако при возможности оперативно вызвать нужного специалиста<sup>10</sup>, работодателям будет выгоднее согласиться даже на многократно более высокие повременные ставки оплаты их труда, поскольку оплачивать придется не круглосуточное и круглогодичное содержание специалиста, а лишь непосредственно его рабочее время. При этом существенно возрастает и занятость самих специалистов этих профессий, появляются возможности многократного повышения их доходов. И если сейчас их приходится содержать на этих должностях и при низкой загрузке, то при появлении возможностей повышения мобильности они могли бы работать в нескольких организациях (и разных населенных пунктах), что особенно актуально в ОТДМР при низкой плотности населения. Анализ возможностей описанных изме-

нений и оценка пороговых параметров технологий и внешних условий, при которых данный сценарий реализуется, можно провести с помощью экономико-математической модели, построенной аналогично той, которая была описана и исследована выше. Концепция ежедневных дальних поездок на работу (если она будет реализована благодаря развитию транспортных технологий) может качественно менять пространственную организацию ряда отраслей национальной экономики, а также социальной сферы. Интересный случай, заслуживающий тщательного рассмотрения — малокомплектные школы и поликлиники в ОТДМР, где чрезвычайно дорого, в пересчете на рабочий час и, особенно, на одного «обслуженного» жителя, содержать преподавателей-«предметников» по отдельным дисциплинам и врачей-специалистов (что, в итоге, приводит к снижению качества соответствующих услуг при переходе к работникам-«универсалам» или даже к закрытию соответствующих учреждений).

Заметим, что стоимостные параметры в предложенной модели имеют относительный характер. Важны не столько конкретные количественные значения производительности труда и транспортных тарифов, сколько их соотношения. И если все стоимостные величины изменятся пропорционально, оптимальные решения индивидов относительно формы трудовой мобильности (в том числе решение «летать или не летать», а также оптимальный «радиус поиска потенциальных работодателей») не изменятся. Поэтому в долгосрочной перспективе одинаковое влияние на эти результаты моделирования окажут как технологические изменения, направленные на повышение доступности авиаперевозок, так и рост производительности труда (разумеется, чистый доход окажется различным). Для примера можно рассмотреть последствия двукратного снижения километрового тарифа и постоянной составляющей стоимости поездок (при сохранении прочих

<sup>9</sup> Впрочем, некорректно было бы отказывать в интеллектуальности и творческой составляющей и этим профессиям. Причем, уже в настоящее время, особенно в силу деградации кадрового потенциала многих высокотехнологичных отраслей промышленности, немногочисленные высококвалифицированные рабочие ряда специальностей могут рассчитывать на условия занятости, в том числе готовность работодателей к их доставке к месту работы, на уровне светил медицины и деятелей шоу-бизнеса, что вполне оправданно, особенно с учетом их возраста и состояния здоровья.

<sup>10</sup> В том числе со значительного расстояния, что, опять-таки, может стать особенно актуальным именно в специфических условиях Российской Федерации.



значений исходных данных на уровне, рассмотренном на рис. 2). Результаты приведены на рис. 3.

Также представляют интерес последствия технологических изменений, направленных на сокращение постоянной части продолжительности поездок. Пусть, например, она сократилась до 0,5 ч. Результаты (при сохранении прочих значений исходных данных на уровне, рассмотренном на рис. 2) приведены на рис. 4.

## Перспективы перехода к ежедневным полетам и требования к развитию авиационных технологий

Сопоставление рис. 3 и 4 дает пример сравнения эффективности альтернативных путей развития технологий в гражданской авиации и авиастроении. В первом случае усилия были направлены на сокращение стоимости перелетов, во втором — на сокращение длительности поездок. В рассмотренных примерах, вопреки стереотипам, именно сокращение постоянной составляющей времени в пути с 2 до 0,5 ч обеспечило больший прирост чистого дохода, чем двукратное удешевление перелета (и постоянной, и переменной части его стоимости) — 19350 ден. ед. против 17280 ден. ед. Причем, сокращение времени в пути достигается не за счет повышения крейсерской скорости (которое маловероятно в обозримой перспективе), а именно за счет снижения постоянных затрат времени, обусловленных инфраструктурными факторами (например, характеристиками подвозящего транспорта), а также организационными и др. Например, длительность начально-конечных операций в аэропортах обусловлена как организацией соответствующих процессов, так и технологиями контроля безопасности, досмотра пассажиров и багажа. Эти операции существенно усложнились и стали весьма длительными в течение 2000-х гг. в связи с обострением террористических угроз и т. п. Поэтому весьма актуальны новые технологии, позволяющие обеспечивать приемлемый уровень авиационной безопасности при существенном сокращении длительности соответствующих операций (тем более, что в нынешнем виде они значимо ухудшают и комфорт пассажиров, снижают качество авиатранспортных услуг).

В то же время, снизить постоянную составляющую длительности поездки позволяют и новые классы воздушных судов, способных совершать прямые перелеты между центрами городов или, по крайней мере, районами размещения предприятий и организаций, а не только между аэропортами, удаленными от мест работы и районов расселения на расстояния порядка десятков км. Уже в настоящее время можно привести в качестве примера Лондонский городской аэропорт (аэропорт Лондон-Сити), расположенный в густонаселенном деловом районе Лондона. В связи с особенностями расположения, он может принимать лишь ограниченное количество типов воздушных судов, которые могут заходить на посадку по крутой (свыше 5°) глиссаде, безопасно эксплуатироваться на ВПП длиной около 1 км, удовлетворяют более жестким, чем общемировые стандарты ИКАО, нормам по шуму на местности, а также специфическим требованиям по интенсивности

вихревого следа (впрочем, всем перечисленным требованиям удовлетворяют даже некоторые современные типы магистральных и региональных реактивных самолетов, включая отечественный Sukhoi SuperJet 100 после доработки и сертификации с 2018 г.). При этом, особенно для деловых пассажиров, следующих в соответствующие районы города, дальность и время поездок на подвозящем транспорте становятся пренебрежимо малыми, что и обусловило популярность этого аэропорта и рейсов, связывающих его с основными столицами и деловыми центрами Европы. Если, по мере развития технологий авиастроения, с одной стороны, появятся новые типы воздушных судов (обладающих скоростями и дальностью полета, характерными для магистральных самолетов), которые могут безопасно эксплуатироваться с подобных аэропортов «шаговой доступности», а, с другой стороны, эти изменения будут «поддержаны» скоординированным развитием аэропортовой инфраструктуры, системы расселения и размещения предприятий и организаций, это будет означать реализацию принципиально нового сценария развития гражданской авиации и взаимодействия с ней отраслей.

Заметим, что, если доля ежедневно летающих пассажиров составит хотя бы 0,1% населения, прирост пассажирооборота в России (при 200 рабочих днях в году, т. е. 400 полетах на человека в год, при средней дальности 1000 км) составил бы приблизительно 25% по отношению к современному уровню (в 2015-2016 гг. он фактически составлял свыше 200 млрд пасс.-км в год), а объем перевозок вырос бы приблизительно на 60% (в 2015-2016 гг. он достигал около 90 млн пасс. в год). Это вызвано тем, что рассматриваемая здесь модель мобильности подразумевает исключительно высокую подвижность индивидов, порядка сотен полетов в год, причем, на характерные расстояния порядка тысячи км. Поэтому прирост относительно нынешних показателей транспортной работы, которые достигаются за счет пусть и относительно многочисленных (20-30% населения), но редко летающих пассажиров, может быть исключительно высоким.

Многokратное повышение авиационной подвижности населения и доступности авиатранспорта может вступать в противоречие с другой важнейшей приоритетной целью технологического развития авиастроения — целью снижения экологического воздействия авиации на окружающую среду, в особенности, аддитивного, т.е. эмиссии вредных веществ и парниковых газов<sup>11</sup>. Совместить эти цели возможно лишь при условии опережающего многократного же сокращения индекса эмиссии. Причем, требования к снижению индекса эмиссии можно обосновать на верхнем уровне целеполагания, не детализируя механизмы изменения объемов выбросов, спроса на перевозки и т. п. Если авиационная подвижность населения должна возрасти, например, в 4 раза, то обеспечить невозрастание общего объема выбросов можно лишь при условии сокращения индекса эмиссии не менее чем в 4 раза. Радикальное повышение объемов транспортной

<sup>11</sup> Уровень шума не обладает аддитивностью; более того, ущерб от шума не накапливается.

работы на макроуровне уже неизбежно столкнется с ресурсно-экологическими ограничениями, преодоление которых, в свою очередь, может потребовать, например, перехода к альтернативным источникам и видам энергии для движения воздушных судов. Таким образом, и сами по себе генеральные цели технологического развития авиации также нуждаются в проверке на реализуемость и непротиворечивость. Сам по себе «образ желаемого будущего» авиации, ее роли и места в будущем мире, нуждается в научном анализе и обосновании. В данной работе эта задача решается на конкретном частном, но практически важном примере.

Возможно, существует некоторый естественный предел повышения подвижности населения, даже не связанный с ресурсными или экологическими ограничениями, а определяемый общим бюджетом времени. Пассажир может выдержать чрезвычайно длительную непрерывную поездку, но редко. Также он может совершать поездки малой длительности практически ежедневно. Следовательно, общая подвижность индивида ограничена суммарным бюджетом времени, выделяемым на перемещение, и возрастает с ростом средней рейсовой скорости. Т. е. авиационная подвижность населения — даже не ограниченная дефицитом ресурсов — ограничена конечной скоростью перемещения. Обеспечение малой длительности поездок на достаточно большую дальность (чтобы воздушный транспорт был конкурентоспособен по сравнению со скоростным наземным) предполагает существенное повышение средней рейсовой скорости. Если не будет достигнуто радикальное сокращение длительности поездок, они вряд ли станут ежедневными для значительной доли населения. В свою очередь, если полеты не станут практически ежедневными для значительной части населения, не приходится рассчитывать на многократный прирост его авиационной подвижности.

Интерес представляет не только интегральный прирост пассажирооборота и объема перевозок, достигаемый при переходе к ежедневным полетам, но, главным образом, пассажиропотоки между аэропортами (существующими, а также теми, которые, возможно, придется открыть), потребные частоты рейсов, оптимальные вместимости воздушных судов и численность их парка. Сама концепция ежедневных рабочих поездок предполагает, во-первых, практически наверняка — беспересадочные рейсы на «территории поиска работодателей», и, во-вторых, достаточно высокие частотности рейсов. Т. е. следует создавать воздушные суда, обладающие относительно малой вместимостью (порядка 10-20 мест), но высокой — как минимум, 2-3 тыс. км — дальностью полета, крейсерской скоростью, экономичностью, безопасностью и комфортом на уровне лучших современных магистральных самолетов.

Фактически, рассматриваемый здесь гипотетический скачок авиационной подвижности населения знаменует начало перехода гражданской авиации в «посткоммерческую» эру, когда ее услуги становятся доступными широким массам населения, как, например, в начале XXI в. стали массово доступными услуги мобильной телефонной связи, хотя в начале своего развития она относилась к предметам роскоши.

Аналогичной была траектория развития целого ряда инновационных технологий и благ, последовательно проходивших стадии распространения на рынках, подробно изученные в работах по инновационному маркетингу [9]. Известный отраслевой аналитик, главный редактор журнала «Авиатранспортное обозрение» А. Синицкий выделяет (см. [5]) несколько этапов развития гражданской авиации, характеризующихся различными порядками значений показателей доступности, качества и безопасности авиатранспортных услуг:

- героический (когда авиAPERелеты были сопряжены с высоким риском для пассажиров),
- элитный (когда, уже при приемлемой безопасности полетов и весьма высоком уровне комфорта, авиAPERевозки были очень дороги),
- массовый коммерческий (современный, когда уже достигнута массовая доступность авиAPERевозок для туристических поездок и командировок, причем, достигнут высочайший среди всех видов транспорта уровень безопасности, но уровень комфорта уже не выделяется на фоне прочих видов транспорта)
- и посткоммерческий (ожидаемый в будущем, когда авиAPERелеты станут столь же доступными и обычными, как поездки на городском общественном транспорте — «условно-доступными»).

Переход к посткоммерческому этапу развития отрасли возможен при качественных изменениях как технологического облика авиации, так и социально-экономической ситуации и облика других, взаимодействующих с авиацией отраслей экономики.

## Выводы

1. Наибольшие резервы радикального повышения авиационной подвижности населения (и, как следствие — роста емкости рынков авиAPERевозок и авиационной техники) скрыты в сегменте поездок к месту работы и обратно. Экономико-математическое моделирование показывает, что, в принципе, возможности выхода на конкурентные рынки труда и повышения возможных ставок зарплаты могут побудить некоторых высококвалифицированных работников совершать практически ежедневные полеты к месту работы и обратно уже при достижимых в ближайшем будущем технико-экономических параметрах воздушного транспорта. Однако это касается лишь работников с характерным уровнем средней производительности труда около 3000 руб./чел.ч и выше. Причем, даже если доля таких граждан составит лишь 0,1% населения, прирост пассажирооборота гражданской авиации может составить около 25%, а объема перевозок — около 60%, по сравнению с нынешним уровнем. При большей доле ежедневно летающих пассажиров прирост емкости рынков авиAPERевозок и авиационной техники может быть многократным.
2. Реализация модели ежедневных полетов к месту работы и обратно потребует, во-первых, обеспечения высокой регулярности рейсов и, во-вторых,

существенного сокращения постоянных составляющих времени в пути за счет радикального ускорения начально-конечных операций в аэропортах, а также приближения аэропортов или посадочных площадок к местам работы и проживания. Это, в свою очередь, определяет приоритетные направления развития технологий в соответствующем сегменте гражданского авиастроения. Требуется разработка воздушных судов малой вместимости, с высокими взлетно-посадочными характеристиками и экологическими характеристиками (по шуму на местности и интенсивности вихревого следа), позволяющими эксплуатировать их в густонаселенных урбанизированных районах, но при этом обладающих скоростью и экономичностью крейсерского полета на уровне современных магистральных воздушных судов. Поскольку радикальное повышение авиационной подвижности населения не должно сопровождаться возрастанием экологической нагрузки на окружающую среду (в особенности, эмиссии вредных веществ), вероятно, потребуется переход к использованию альтернативных топлив или видов энергии на борту.

#### Список использованных источников

1. Е. Ю. Байбакова, В. В. Клочков. Формирование сетевых структур в российской промышленности: социальные и поселенческие аспекты//Региональная экономика: теория и практика. 2012. № 44 (275). С. 34-45.
2. В. В. Клочков. Управление инновационным развитием гражданского авиастроения. М.: ГОУ ВПО МГУД, 2009. 280 с.
3. В. В. Клочков. Экономика: учебное пособие для вузов. М.: ИНФРА-М, 2012. 684 с.
4. В. В. Клочков, Т. М. Гусманов. Проблемы прогнозирования спроса на перспективные пассажирские самолеты российского производства//Проблемы прогнозирования, № 2, 2007. С. 16-31.
5. В. В. Клочков, М. В. Нижник, А. Л. Русанова. Прогнозирование экономической эффективности создания новых видов скоростного пассажирского транспорта//Проблемы прогнозирования. № 3. 2009. С. 58-76.
6. В. В. Клочков, М. В. Тимченко. Предпосылки и риски обеспечения массовой доступности высокотехнологичных благ//Экономическая наука современной России. 2010. № 4. С. 41-54.
7. Е. В. Костромина. Экономика авиакомпаний в условиях рынка. М.: НОУ ВКШ «Авиабизнес», 2002. 304 с.
8. Р. М. Нижегородцев. Экономика инноваций. Краснодар: КубГАУ, 2014. 140 с.
9. В. Д. Секерин. Инновационный маркетинг. М.: ИНФРА-М, 2012. 238 с.
10. А. Синицкий. Гражданская авиация будущего: новые тенденции, новые самолеты?//Материалы заседания Технологической платформы «Авиационная мобильность и авиационные технологии», 19 мая 2017 г. [http://www.aviatp.ru/files/main/Prezentatsiya\\_AV\\_Sinitskiy.pdf](http://www.aviatp.ru/files/main/Prezentatsiya_AV_Sinitskiy.pdf).
11. Сколько в России работающих миллионов: около 10 тысяч россиян ежемесячно получают зарплату 1 млн руб. и выше//Журнал «Коммерсантъ Деньги» № 41 от 17.10.2016. С. 9.
12. М. В. Тимченко, В. В. Клочков. Анализ стоимостной емкости рынков гражданской авиатехники и перспектив догоняющего развития российского авиастроения//Экономический анализ: теория и практика. № 41 (248). 2011. С. 2-12.
13. К. Хрипунов. Китайский Airbus. Публикации портала Авиапорт 26.09.2008. <http://www.aviaport.ru/digest/2008/09/26/158234.html>.
14. Acemoglu Daron, Restrepo Pascual. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets//No 23285, NBER Working Papers. April 2017. 90 p.
15. D. R. Blevins. A Cost Model for Aircraft Justification//Business and Commercial Aviation, June, 1977.
16. Commercial Aircraft Design Characteristics — Trends and Growth Projections//International Industry Working Group, January 2007, 5th Edition. 60 p.
17. F. George. How to Measure the Value of Executive Time//Business and Commercial Aviation, June, 1986.
18. S. Kuipers, S. C. Cannegieter, S. Middeldorp, L. Robyn, H. R. Büller, F. R. Rosendaal. The absolute risk of venous thrombosis after air travel: a cohort study of 8,755 employees of international organizations//PLoS Med. 4: e290. PMC 1989755. PMID 17896862.
19. National Plan for Aeronautics Research and Development and Related Infrastructure. NASA, December 2007. 56 p.
20. A. T. Wells, B. D. Chadbourne. General Aviation Marketing and Management. Krieger Publishing Company, 1994.
21. Д. Мухамедзянова. Роботизация не приведет к тотальной безработице. <https://hightech.fm/2017/03/27/technology-is-killing-jobs>.
22. К. Писсаридес. Вы не доверите уход за своим ребенком компьютеру//Ведомости. 30.10.2016.
23. О. Лобовикова. Врачи рассказали, от чего умирают пассажиры самолета//Российская газета. 11.11.2014.

**Innovative development of the aviation industry and prospects of population aviation mobility growth**  
**V. V. Klochkov**, doctor of economic science, leading research fellow, Institute of control science, RAS.

**S. M. Rozhdestvenskaya**, head of section, National research center «Institute named after N. E. Zhukovsky».

Prospects of the population aviation mobility growth can influence the way people live, the situation on the labor markets. In this paper we consider a hypothetical scenario of the transition of employees of certain professions to the almost daily trips to places of work. We propose economic-mathematical model that assesses the possible increase of the wage rate with the increasing competition of employers due to the extension of «search area» with the increasing mobility of workers. Also, we take into account the costs and losses associated with flights to places of work, and determine the optimal «search radius» for the worker in which net income (free of expenses and losses) will be maximized. We determine the threshold levels of average labor productivity, as well as parameters of air transportation — speed and cost of flights — under which the model of labor behavior becomes preferable for the employee. We estimate the reserves of air transportation and aircraft markets capacity growth in the transition of a percentage of workers to daily flights. Thus, one may determine the requirements for the level of aviation technology development, making possible radical growth of population aviation mobility and capacity of the respective markets. Developed methods and obtained results can be used in formation of the «image of the future» of aviation and other sectors of the economy, which performance can change when new opportunities of the population mobility appear.

**Keywords:** aviation mobility, the demand for air travel, labor markets, mobility, forecasting, economic-mathematical model.