

УДК 551.343.74

## Анализ мировых тенденций развития интермодальных пересадочных узлов на базе международных аэропортов

В. Н. Кавказский

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

**Для цитирования:** *Кавказский В. Н.* Анализ мировых тенденций развития интермодальных пересадочных узлов на базе международных аэропортов // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2025. — Т. 22. — Вып. 1. — С. 134–147. DOI: 10.20295/1815-588X-2025-1-134-147

### Аннотация

**Цель:** Анализ аспектов взаимодействия воздушного и железнодорожного транспорта, определение особенностей проектирования интермодальных комплексов и перевозок, разработка концепции интермодального пересадочного узла на базе аэропорта. **Методы:** Экспериментально-теоретического уровня, основанные на анализе, сборе фактов и их проверке, систематизации, выявлении зависимостей и определении причинно-следственных связей. **Результаты:** Проведенный анализ позволил получить полную информацию для проектирования тоннельных сооружений в действующих аэропортах. Определены критерии эффективности взаимодействия воздушного и железнодорожного транспорта. Установлены особенности интеграции железнодорожного транспорта в инфраструктуру аэропорта.

**Ключевые слова:** Интермодальность, тоннель, подземный терминал, взаимодействие воздушного и железнодорожного транспорта, легкорельсовый транспорт, метро, аэроэкспресс, высокоскоростные линии.

В данной статье рассматривается мировой опыт проектирования и эксплуатации интермодальных пересадочных узлов между железнодорожным и авиационным транспортом.

Железнодорожный транспорт рассматривается как положительное интегрированное звено транспортных связей между удаленными аэропортами и городскими центрами, так и дублирующая система, отрицательно влияющая на воздушный транспорт при развитии линий конкурирующих направлений.

Эти взаимосвязи рассматриваются с точки зрения фактического опыта работы на рынках транспортных услуг Европы, Азии и Соединенных Штатов Америки, а также предпочтения в выборе типа железнодорожного транспорта в различных частях мира.

### Аспекты взаимодействия воздушного и железнодорожного транспорта

Можно описать три вида взаимодействия воздушного и железнодорожного транспорта: конкуренция, взаимодополняемость, сотрудничество как частный случай взаимодополняемости.

Конкуренция между воздушным и железнодорожным транспортом в паре отправление — назначение обычно затрагивает разных операторов. Одним из примеров является сообщение между Парижем и Лондоном, где высокоскоростные поезда Eurostar конкурируют с воздушными перевозками нескольких авиакомпаний.

Конкуренция между двумя режимами на линии связи возникает, когда они взаимозаменяемы, таким образом удовлетворяя ту же самую транспортную потребность. Пассажир может

выбрать тот или иной способ добраться из точки А в точку Б, и можно определить факторы, определяющие рыночную долю воздушного и железнодорожного транспорта в таких ситуациях [1]:

- время в пути (время в пути на железнодорожном транспорте превышает время в пути по воздуху);
- время и стоимость доступа к терминалу;
- стоимость билетов и условия;
- пунктуальность и надежность;
- качество обслуживания на борту поезда/самолета и на терминалах;
- наличие недорогих альтернатив.

При продолжительности поездки до 3 часов преимущество авиаперевозок в скорости снижается из-за жесткости производственного процесса транспортировки. Путешествие на самолете требует большого количества операций, связанных с досмотром, особенно из соображений безопасности. При более коротких поездках доля времени, затраченного на дорогу до аэропорта, очень велика, включая, помимо прочих операций, поездку до аэропорта и 1–2 часа в аэропорту для регистрации и проверки безопасности. Кроме того, до 20 % рейсов отправляются с задержкой более 15 минут, воздушный транспорт находится в невыгодном положении по сравнению с железнодорожным транспортом с точки зрения времени/цены, поскольку железнодорожные перевозки регистрируют только 4–8 % задержек в течение 14 минут, и в большинстве случаев железнодорожные вокзалы имеют лучшую доступность, чем аэропорты.

В Европе конкуренция между воздушным и железнодорожным транспортом возникает в коридорах/рынках с высокими объемами перевозок в пунктах отправления и назначения, таких как Мадрид — Севилья, Мадрид — Барселона, Лондон — Париж, Лондон — Брюссель, Франкфурт — Кельн, Париж — Марсель, Лондон — Манчестер и Лондон — Эдинбург, где в среднем

высокоскоростной поезд со временем в пути от 1 до 3 часов может занять 30–90 % рынка авиаперевозок.

Эти случаи конкуренции между воздушным и железнодорожным транспортом широко изучены и документированы. На примере Мадрида — Севильи можно наблюдать, что с открытием высокоскоростного железнодорожного сообщения между двумя городами доля авиарынка упала с 40 до 13 % и в последнее время состоит в основном из трансферных пассажиров [2].

Дополнительный момент в конкуренции между воздушным и железнодорожным транспортом, связанный с расположением железнодорожных станций в аэропортах. Большинство аэропортов расположены на небольшом удалении от города и не всегда имеют развитую разветвленную транспортную связь с районами. В этой связи железнодорожная станция в аэропорту будет способствовать развитию дополнительных скоростных железнодорожных маршрутов и работать независимо от воздушного сообщения.

Таким образом, введение железнодорожных станций в аэропортах может способствовать конкуренции между видами городского транспорта.

Взаимодополняемость режимов связи обычно предполагает участие разных операторов. Зачастую железнодорожный транспорт дополняет авиаперевозки, обеспечивая сообщение из аэропорта до конечного пункта путешествия. Одним из примеров является путешествие из Парижа в Мальме, состоящее из воздушного сообщения из Парижа в аэропорт Стокгольма, за которым следует железнодорожный маршрут до Мальме. В данном конкретном случае оператором авиаперевозок является Air France, а оператором железнодорожных перевозок — SJ. Для обеспечения взаимодополняемости необязательно, чтобы оба оператора координировали прибытие и отправление или интегрировали билеты, но должна быть возможность последовательно использовать их туристические

услуги для завершения поездки: два вида транспорта будут рассматриваться как дополняющие друг друга для пользователя, когда их последовательное использование либо необходимо, либо предпочтительнее использование одного вида транспорта для поездки между двумя городами.

Сотрудничество между видами транспорта на конкретном маршруте предполагает использование интегрированных продуктов и, как правило, разных операторов. Это особый случай взаимодополняемости, то есть железнодорожный транспорт дополняет авиаперевозки, заменяя или добавляя сообщение на короткие/средние расстояния, которое интегрировано с авиаперевозками в одном продукте. Одним из примеров является рейс Нью-Йорк — Штутгарт, продаваемый авиакомпанией Lufthansa: билет включает в себя обе линии (из Нью-Йорка во Франкфурт самолетом и из Франкфурта в Штутгарт по железной дороге), и предусмотрена единственная регистрация багажа при посадке.

Следует отметить, что в выводах, изложенных в исследовании ИТА, (Управление международной торговли), отмечено, что на высокоскоростных железнодорожных маршрутах протяженностью менее 600 км, при условии, что железнодорожный маршрут длиннее воздушного не более чем на 20 %, и средней скорости не менее 250 км/ч, интеграция авиакомпаний и железных дорог приносит пользу авиакомпаниям, пассажирам и окружающей среде.

### **Особенности интермодальных перевозок**

Из определений сотрудничества и взаимодополняемости, приведенных в предыдущем разделе, следует, что они возникают при интермодальных поездках, когда промежуточный узел выступает в качестве платформы для переключения видов транспорта.

Определение интермодальности Европейской комиссии следующее.

Интермодальность — это характеристика транспортной системы, которая позволяет интегрированно использовать как минимум два различных вида транспорта в транспортной цепочке «от двери до двери».

Интермодальность — это качественный показатель уровня интеграции и взаимодополняемости между видами транспорта, который открывает возможности для более эффективного использования транспортной системы [3].

Существует две определяющие особенности интермодальных перевозок:

- 1) использование более чем одного вида транспорта для совершения поездки;
- 2) координация между этими видами транспорта при предоставлении туристических услуг.

В области воздушного сообщения различают интермодальные перевозки: те, при которых один вид транспорта обеспечивает исключительно наземный доступ к аэропорту, и интермодальные перевозки, при которых наземный участок соответствует значительной части поездки. Разработчики утверждают, что это различие важно, поскольку каждый тип интермодальности имеет разные последствия с точки зрения инвестиций, потребностей пассажиров, операторов и координации транспортной политики, таким образом принимая следующие категории.

Интермодальность типа 1 относится к наземному доступу к аэропорту из ближайшего городского района. Одним из примеров интермодального путешествия типа 1 является поездка на автобусе в аэропорт из дома, за которой следует авиAPERелет на другой континент.

Интермодальность типа 2 возникает в результате интеграции аэропорта в региональные или национальные транспортные сети, особенно в сеть высокоскоростных железных дорог. Пример интермодального маршрута типа 2: из Нью-Йорка во Франкфурт самолетом, а затем поездом до Штутгарта. В данном исследовании основное

внимание уделяется интермодальности типа 2, в частности интеграции воздушного и железнодорожного транспорта. В интермодальности типа 2 [4] рассматриваются услуги на средние и дальние расстояния отдельно:

– услуги на короткие/средние расстояния протяженностью 100–300 км, при которых железная дорога работает как подъездная дорога к аэропорту, что, как считается, в основном влияет на конкуренцию в аэропортах;

– услуги на средние/дальние расстояния протяженностью 300–800 км, в которых железнодорожный транспорт заменяет воздушный транспорт, что в основном считается влияющим на конкуренцию в сфере авиа-железнодорожного транспорта.

#### Динамика интеграции железнодорожного транспорта в крупнейшие аэропорты мира

В настоящее время в мире насчитывается около 300 аэропортов, имеющих железнодорожное сообщение, но на различных стадиях планирования, проектирования или строительства

может появиться еще 400 железнодорожных линий. На рис. 1 представлена диаграмма динамики интеграции железнодорожного транспорта в крупнейшие аэропортах мира с 2006 по 2021 г. За обозначенный период наибольшее количество интегрированных в аэропорты железнодорожных линий находятся в Европе, число которых выросло за 15 лет в четыре раза. Привлекательность таких совмещенных транспортных тандемов за этот же период в Азии увеличилось в 8 раз, в США — в 5 раз.

Этот значительный рост обусловлен желанием улучшить транспортную доступность удаленных аэропортов в крупных городах и экологические показатели, а также предоставить выбор логистических маршрутов. Международная организация воздушного транспорта (IARO) находится в авангарде этих разработок, и ее члены извлекают выгоду из обмена передовым опытом и обучения тому, как планировать, строить и эксплуатировать воздушно-железнодорожные сообщения.

Анализ таких интегрированных схем показывает, что в каждом конкретном аэропорте

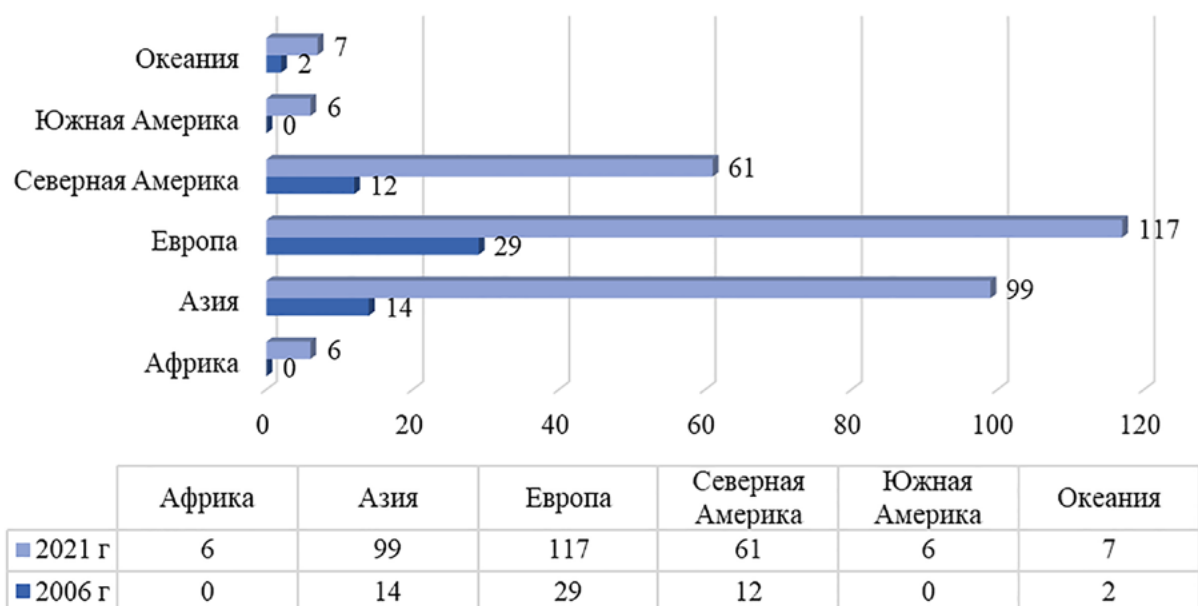


Рис. 1. График изменения количества интегрированных железнодорожных линий в крупнейшие аэропорты мира с 2006 по 2021 г.

ситуация индивидуальна и нет правильного или неправильного способа решения этого вопроса. Действительно, успех можно измерить несколькими способами, в зависимости от целей. Наиболее распространенным показателем является процент пассажиров, доставляемых без пересадок, пользующихся железнодорожным транспортом, — доля авиапассажиров в железнодорожном сообщении. Но в некоторых аэропортах железная дорога является лишь одним из нескольких устойчивых видов транспорта, и целью может быть максимальное увеличение общей доли общественного транспорта. В других аэропортах персонал может быть более значимым пользователем железнодорожного транспорта, поэтому доля персонала в железнодорожном сообщении также важна.

Итак, зачем аэропорту стремиться к максимальному увеличению доли железнодорожных перевозок? Улучшение доступности означает облегчение доступа авиапассажиров в аэропорт и обратно, что позволяет аэропорту привлекать больше пассажиров из более широкой зоны обслуживания. Большинство авиалиний обслуживают центр города или крупные жилые районы, но другие распространяются в других направлениях, связывая с пригородами, другими поселениями или даже отдаленными городами. Экологические показатели железных дорог, как правило, лучше, чем автомобильных, хотя их не следует преувеличивать, принимая во внимание углерод, используемый в строительстве и производстве электроэнергии. Обеспечение выбора является третьей целью, поскольку это позволяет пассажирам избегать ненадежных и перегруженных дорог, а также улучшает доступность для тех, кто, возможно, не желает пользоваться автомобилем или не имеет собственного автомобиля.

Эта третья цель также является ключом к понижению рынка авиационно-железнодорожных сообщений. Авиапассажиры обычно подразделя-

ются на категории с точки зрения цели поездки и места проживания. Цель поездки — в первую очередь работа или отдых. Часто нет большой разницы в склонности пользоваться общественным транспортом между деловыми пассажирами и пассажирами, путешествующими воздушными судами, но первые, как правило, ограничены во времени и не ограничены в деньгах и поэтому используют более быстрые и дорогие виды транспорта, в то время как у последней группы все наоборот. С другой стороны, местные жители, как правило, гораздо реже пользуются общественным транспортом и особенно железной дорогой, поскольку они чаще пользуются частными автомобилями или такси из своего дома. Посетители с большей вероятностью используют железные дороги для поездок в центр города и обратно. Конечно, всегда есть исключения, отсюда необходимость тщательного изучения каждой ситуации.

Конечно, у авиа-железнодорожного сообщения есть и недостатки для аэропортов. Один из них, который часто вызывает беспокойство, — это предполагаемая потеря доходов от парковки автомобилей. На самом деле это случается редко, поскольку аэропорту приходится предоставлять дорогостоящую парковку на окраине, возможно, включая трансфер на автобусе до терминала, и, возможно, было бы лучше использовать эту землю для других, более прибыльных видов деятельности. Еще одна трудность может заключаться в оплате авиа-железнодорожного сообщения, поскольку проекты железнодорожной инфраструктуры редко приносят прибыль в прямом финансовом смысле. Хотя существует несколько авиационно-железнодорожных линий, которые не зависят от государственных субсидий, большинство железнодорожных систем поддерживаются государством, даже если они предоставляются частным сектором. Это означает, что аэропорты иногда просят внести свой вклад в железнодорожное сообщение, что, в свою оче-

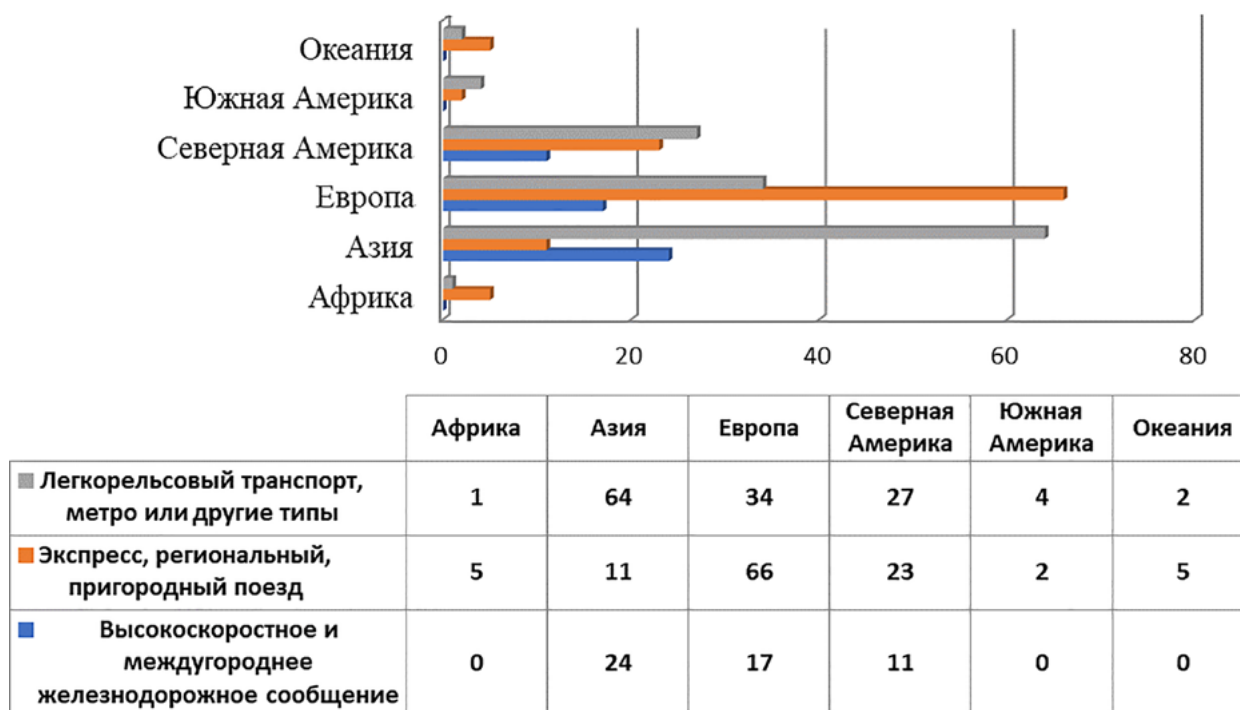


Рис. 2. График распределения различных типов железнодорожного транспорта в 150 крупнейших аэропортах мира

редь, означает, что авиакомпании и их клиенты, авиапассажиры, должны покрывать расходы. Авиакомпании не всегда принимают это, хотя во многих ситуациях предоставление аэропортом станции стало нормой.

Авиационно-железнодорожное сообщение может дополнять другие услуги и приносить значительный доход железнодорожным операторам. У авиапассажиров, как правило, другие схемы поездок, чем у пассажиров пригородного сообщения, и поэтому они могут более эффективно использовать инфраструктуру и ресурсы, а также, как правило, готовы платить не дисконтированную цену.

В мировой практике склонны группировать авиа-железнодорожные сообщения по пяти типам: легкорельсовые, метро, региональные линии, специальные аэропортовые экспрессы и междугородние/высокоскоростные [5, 6]. График распределения различных типов железнодорож-

ного транспорта в крупнейших аэропортах мира представлен на рис. 2.

### Концепции планировочных решений интермодальных пересадочных узлов

Обзор крупнейших аэропортов мира с высокими показателями интеграции железнодорожных станций заключается в том, что не все они в какой-то степени копируют друг друга. Речь идет о компоновке объемно-планировочных решений аэропортов и железнодорожных станций.

Существуют единичные примеры совместного проектирования глобальных, заранее продуманных, пересадочных узлов с развитой сетью примыкающих транспортных сетей. К ним можно отнести станции аэропортов Осло, Гатвик и Лондон-Станстед.

Чаще всего железнодорожная линия развивается как отдельный проект для связи города с уже существующим аэропортом для эффектив-

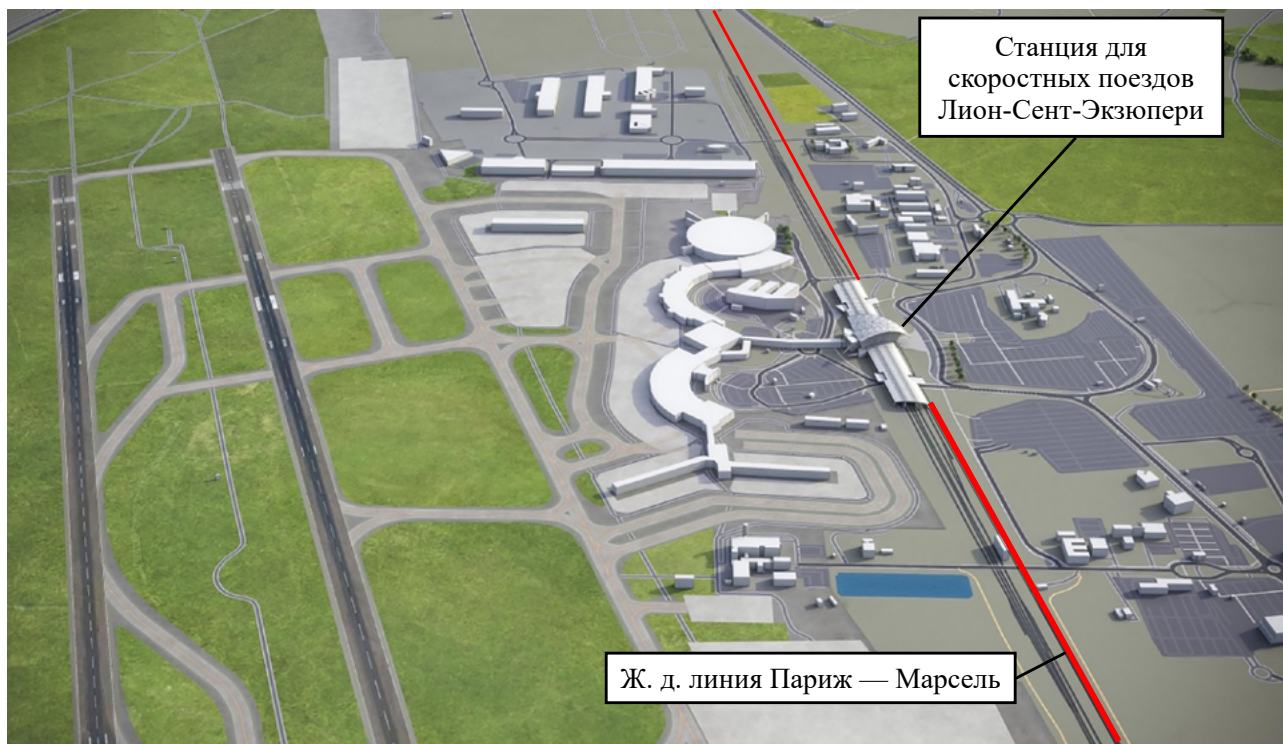


Рис. 3. Международный аэропорт Лион-Сент-Экзюпери. Станция высокоскоростной железнодорожной линии и станций дальнего следования. SEA 3D-модель (источник: [www.turbosquid.com](http://www.turbosquid.com))

ного сообщения скоростным стабильным видом транспорта. В подавляющем большинстве проектов объемно-планировочное решение интермодальных узлов создается как комплекс отдельных зданий, возведенных в разное время и связанных между собой транспортными коридорами или транспортом.

Анализ крупнейших аэропортов мира показал, что существуют различные схемы интеграции с железнодорожным транспортом. В общем случае можно выделить три основных концепции [7].

**Концепция планирования № 1:** полная интеграция линии железнодорожного транспорта в аэропорт. Такая концепция позволяет добиться наибольшего комфорта для пассажиров и свести к минимуму протяженность пешего маршрута от платформы прибытия поезда до терминала аэропорта.

Данная концепция полной интеграции железнодорожного транспорта в инфраструктуру аэро-

порта допускает две основные схемы объемно-планировочного решения пересадочного узла.

Первая схема подразумевает размещение железнодорожной линии и инфраструктуры аэровокзала в одном уровне. Первым аэропортом, реализовавшим такую схему объемно-планировочного решения пересадочного узла, стал лондонский Гатвик, открытый в 1958 году. Он включал в себя железнодорожный вокзал, автобусную станцию и зал ожидания для прибывших на автомобиле.

Особенностью данного аэровокзального комплекса является его расположение на национальной железнодорожной линии. Данное решение позволяет пассажирам подъезжать к месту отправления не только с прилегающих городских районов Лондона, но и из региональных областных центров, расположенных по пути следования поезда. Другими примерами строительства транспортной инфраструктуры с «чистого поля»

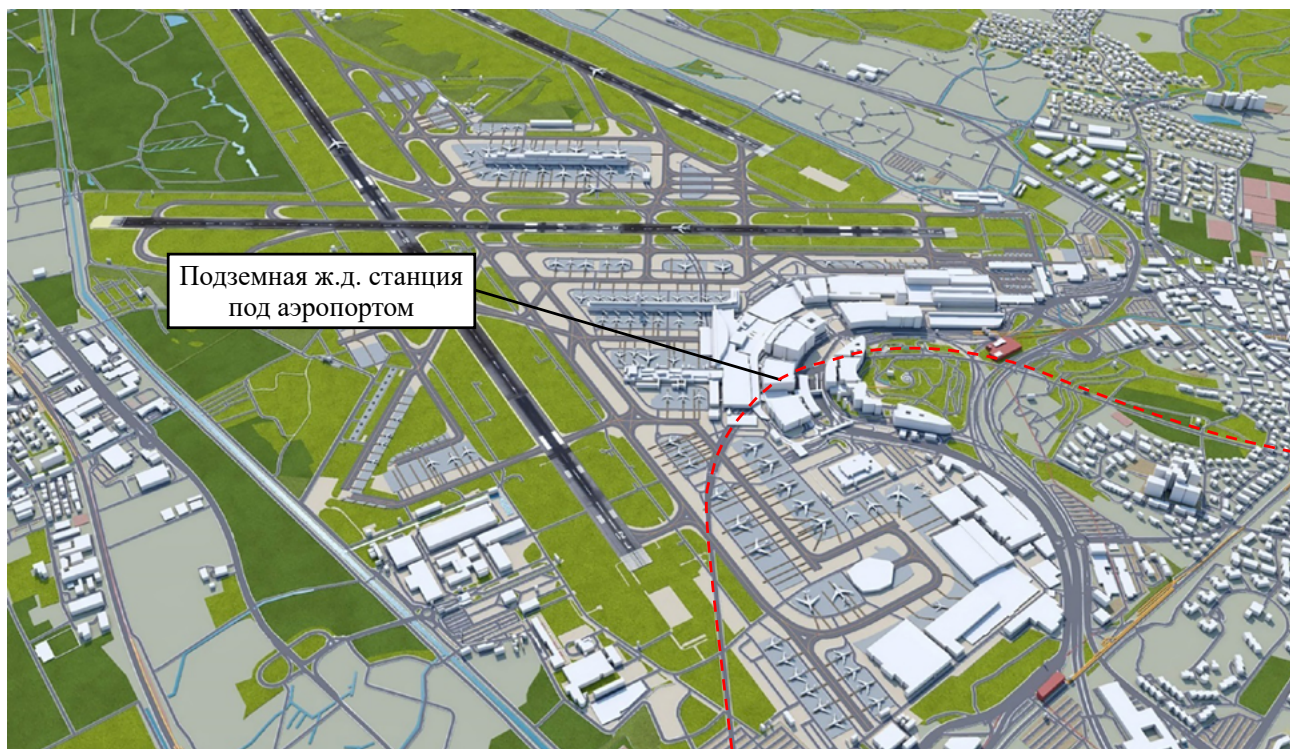


Рис. 4. Международный аэропорт в Цюрихе с интегрированной подземной ж. д. станцией. SEA 3D-модель (источник: [www.turbosquid.com](http://www.turbosquid.com))

являются проекты аэровокзалов Осло (Норвегия) и Лион (Франция), в которых изначально было запроектировано включение железнодорожных станций дальнего следования (рис. 3).

Вторая схема подразумевает интеграцию ответвления от главного пути железнодорожной линии в существующую инфраструктуру аэровокзала с помощью железнодорожного тоннеля к зданию аэровокзала. Впервые такое объемно-планировочное решение было реализовано в Цюрихе в 1980 году (рис. 4).

Положительный опыт в последующем применили и другие аэропорты таких городов, как: Амстердам, Франкфурт, Женева и Копенгаген. В большинстве аэропортов тоннельные варианты трассы являются частью ответвленных от существующих железнодорожных линий. Исключение составляет аэропорт Копенгагена, в котором тоннель был построен по границе аэро-

порта и расположен на трассе новой железнодорожной линии.

В рамках относительно недавнего проекта в июне 2012 года был открыт железнодорожный тоннель под аэропортом Брюсселя, который расположен на вновь проложенной линии железной дороги к северу от аэропорта. Данная линия предназначена для организации междугороднего сообщения на линии Париж — Брюссель — Антверпен — Амстердам.

Иногда интеграции железнодорожного транспорта в инфраструктуру аэровокзальных комплексов препятствует ограниченное пространство зданий терминалов аэровокзалов. Зачастую большинство зданий терминалов аэропортов не предусмотрены для размещения железнодорожных станций. В этом случае необходима полная или частичная реконструкция терминала. Построенный в середине XX века аэропорт в Гат-



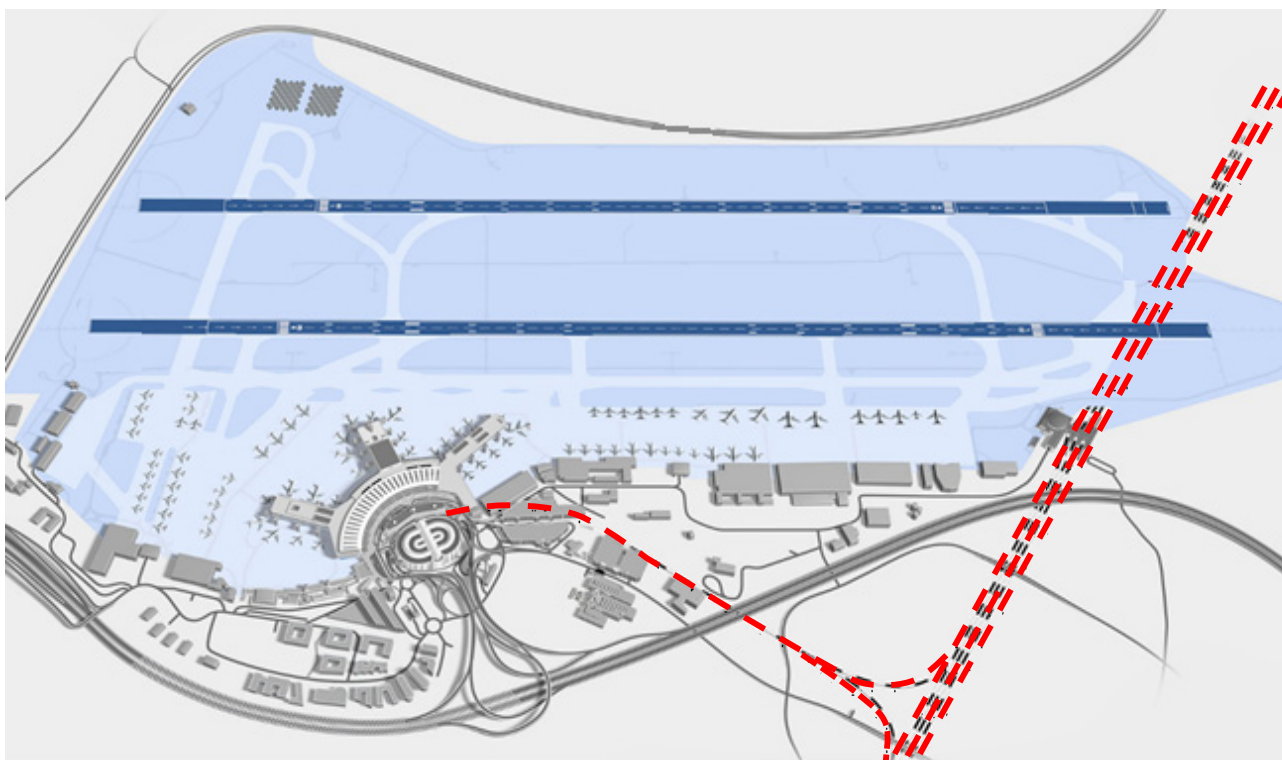


Рис. 5. Международный аэропорт Дюссельдорфа с отдельной железнодорожной станцией на железнодорожной магистрали в точке, максимально приближенной к комплексу пассажирских терминалов аэропорта. SEA 3D-модель (источник: [www.turbosquid.com](http://www.turbosquid.com))

вике подвергся реконструкции за счет возведения нового терминала «Северный терминал».

Подобным образом был решен вопрос в аэропорту Франкфурта. Для развития аэропорта рядом с существующим терминалом было возведено здание нового терминала, отделенное от существующего железной дорогой. Прибывающие пассажиры пригородного и дальнего следования прибывают непосредственно в здания терминалов на соответствующие станции аэропорта Франкфурта, расположенные в разных терминалах. Такая схема вызвана отсутствием финансирования на строительство железнодорожной станции. Поэтому в одном из крупнейших аэропортов Европы Франкфурте было разработано компромиссное решение, в соответствии с которым пассажирам дальнего следования предлага-

ется зал регистрации в пределах аэровокзального комплекса.

Другой вариант реконструкции был принят в аэропорту Цюриха. Внутреннее пространство терминала не подверглось изменениям, а расширение произошло за счет реконструкции мезонинного уровня железнодорожного вокзала в пределах существующего авиа/железнодорожного комплекса. Это позволило существенно увеличить пропускную способность аэропорта. Первоначальный генеральный план международного аэропорта Париж — Шарль-де-Голль не предусматривал прямого железнодорожного сообщения с пассажирскими терминалами. Но со временем велось расширение аэропорта. Для организации доступа железной дороги для обслуживания терминала «2» генеральный план был изменен. В настоящее

время сюда прибывают пассажиры, следующие по международному скоростному маршруту.

**Концепция планирования № 2:** организация движения до близлежащей линии железной дороги. Эта концепция основана на построении отдельной железнодорожной станции аэропорта на железнодорожной магистрали в точке, максимально приближенной к аэровокзалному комплексу аэропорта. Такая концепция планировки особенно актуальна для интеграции с высокоскоростными междугородними перевозками, где нормы проектирования линий в плане и профиле отвечают более жестким требованиям и не позволяют изменить трассу, приблизив ее к границам аэропорта.

По такой концепции развивался аэропорт Дюссельдорфа. Для этого было решено проложить новую ветку длиной 2,4 км до ближайшей точки на трассе высокоскоростной линии HSR в дополнение к уже существующему глубокому вводу пригородной линии в терминал (рис. 5). Для этого в аэропорту была проложена линия монорельсовой дороги, которая соединяет пассажирские терминалы аэропорта. Подобная транспортная схема реализована между железнодорожной магистралью и тремя терминалами аэропорта в Ньюарке (США), поскольку основная железнодорожная линия не была перенесена ближе к аэропорту.

Концепция лондонского аэропорта Хитроу основана на идее присоединения аэропорта к железнодорожной магистрали с помощью автоматизированной системы перевозки пассажиров *people-mover*.

Парижский аэропорт Орли был первым европейским аэропортом, где была реализована автоматизированная транспортная система *Orlyval*. Данная система осуществляет перевозку пассажиров в автоматизированном режиме к существующей железнодорожной станции. Однако дальнейшее развитие аэропорта не предполагается.

Часто экономически выгодно подвести железную дорогу как можно ближе к терминалам. При этом интеграции с зданиями аэровокзала стараются избегать. Примером такой железнодорожной станции с междугородним железнодорожным сообщением является аэропорт Манчестера (Великобритания), где переходы длиной в среднем около 300 метров соединяются со зданиями аэровокзала аэропорта путем обустройства траволаторов.

Анализ решений, реализованных в аэропортах в рамках данной концепции, показал, что не все предлагают прямые маршруты до терминалов. Многие аэропорты прибегают к использованию дополнительных транспортных систем, которые выполняют короткие челночные рейсы. Как отмечалось ранее, пользователи железных дорог дальнего следования в аэропортах Франкфурта, CDG в Париже и Гатвик в Лондоне используют трансфер, чтобы добраться до терминала регистрации. Это обстоятельство сильно влияет на общее время в пути.

**Концепция планирования территории № 3:** подключение к железнодорожным вокзалам.

Обзор основных концепций планирования площадок показывает, что многие аэропорты решили не осуществлять междугородние перевозки на аэродромные площадки или рядом с ними. В эту группу входят аэропорты Лондона (Хитроу), Мадрида, Барселоны, Вены, Мюнхена и Гамбурга, Москвы. Все перечисленные аэропорты имеют железнодорожное сообщение с железнодорожными вокзалами в центре города (рис. 6).

Официальный план развития одного из крупнейших аэропортов мира Хитроу состоит в том, чтобы включить в транспортную интермодальную цепь линию высокоскоростной железной дороги HS2. В зоне пересечения высокоскоростной линии со строящейся скоростной линией Crossrail, новым видом общественного транспорта Лондона, запла-



Рис. 6. Схема подключения аэропортов Москвы к железнодорожным вокзалам в центре города (источник: <https://travelsoul.ru/wpcontent/uploads/0/b/7/0b7f6f805f1d04cca8e8741cb763b370.jpeg>)

нирован пересадочный узел, к которому пассажиров, путешествующих из аэропорта, будут доставлять шаттлом. Другим примером данной стратегии был план соединения аэропорта Мюнхена с центральным вокзалом в центре города линией магнитолевитационного транспорта, но после трагедии от этого плана отказались.

### Критическая оценка концепций планировочных решений интермодальных пересадочных узлов

Основываясь на обзоре примеров развития интеграции железнодорожного и авиационного транспорта, можно выделить положительные и отрицательные моменты каждой из трех концепций.

Изменение плана трассы магистральной железнодорожной линии для ввода в аэропорт обходится дорого. Исключение могут составлять проекты, при которых аэропорт и железнодорожная ветка аэропорта будут построены одновременно (концепция № 1).

Ожидать реализацию большого количества проектов, по данной концепции связанных с изменением направления магистралей, как, например, в Амстердаме или Цюрихе, не стоит. Также маловероятно повторение проектных решений в аэропорту Осло или Берлина, где строительство новой трассы осуществляется одновременно с терминалами.

Данная концепция интеграции, хотя и требует значительных финансовых затрат, обеспечивает наибольший комфорт для авиапассажиров за счет исключения изнурительных пешеходных маршрутов в зонах пересадок. Это преимущество может быть определяющим для выбора аэропорта в больших городах, имеющих несколько воздушных гаваней.

Соединить аэропорт и существующую железнодорожную линию с помощью вспомогательного транспортного средства (концепция № 2) для перевозки людей будет дешевле, чем перестраивать железнодорожную магистраль. Это было сделано в аэропорту Дюссельдорфа с пересадкой на станцию междугородного сообщения, а также в Париж-Орли, который соединялся со станцией без междугородного сообщения. Данная концепция на первый взгляд экономически наиболее привлекательна, но она требует значительных затрат на развитие вспомогательных транспортных систем и особого режима координации транспортных систем аэропорта.

Организация высококачественного и комфортабельного железнодорожного сообщения из аэропорта до железнодорожной станции или вокзала (концепция № 3) может обеспечить наивысший уровень взаимодействия транспортных

систем, даже если эта железнодорожная станция находится далеко от аэропорта. Но как бы грамотно и четко это решение не было реализовано, такая концепция сводит к минимуму восприятие пассажирами удобства данного маршрута, а продолжительность поездки может составить то же время, сопоставимое с затраченным на полет.

## Выводы

Исследование европейского и азиатского опыта использования скоростного движения в качестве единственной вспомогательной функции для дальних авиаперевозок показывает, что достигнутые успехи в аэропортах Франкфурта и Парижа трудно будет повторить в других странах Европы. Дальнейшее развитие концепции интермодальных услуг, за исключением существующих примеров, как из аэропорта Париж-CDG в Брюссель и из Франкфурта в Кельн, может быть маловероятным. В то же время в Китае этот вид интеграции очень активно развивается, но конкретных оценок пока не освещено в литературе, поскольку скорость развития железнодорожного транспорта превышает все существующие исторические рекорды.

Многие города мира не сочли нужным прокладывать железные дороги дальнего следования в аэропорты: Мадрид является примером неудачных инвестиций в новую железнодорожную систему, которая плохо интегрируется с аэропортами. Скоростное движение осуществляется до двух станций в центре Мадрида, только одна из которых связана напрямую с аэропортом по железной дороге.

Таким образом, можно подытожить, что в Европе как основоположнице развития интермодальных перевозок, так и на других континентах, не существует универсальной стратегии развития интеграционных схем железнодорожно-авиационного сообщения. Данные о доходах, представленные в этом тематическом исследовании,

убедительно свидетельствуют о том, что высокая доля железнодорожных перевозок для дополнительных поездок не может быть достигнута только за счет качества проектирования. Примеры исследования подтверждают концепцию, согласно которой качество проектирования в аэропорту само по себе не может объяснить преимущество от использования железнодорожного сообщения с крупными аэропортами. Очевидно, что здесь играют роль и другие факторы, такие как: иные виды авиаперевозок, доля внутренних и международных маршрутов, предлагаемые в аэропорту пребывания; доля авиапассажиров в железнодорожном сообщении; максимальное увеличение общей доли общественного транспорта; немалую роль играет доля пассажиров — персонал аэропорта.

В тематических исследованиях изучались лучшие мировые примеры интермодальных проектов и железнодорожных станций в аэропортах. Это позволило автору выявить пять важнейших факторов успеха: степень интеграции инфраструктур, сетевой контекст, общее время в пути и время пересадки, интегрированное оформление билетов и информации.

Факторы управления также оказались ключевыми, определяющими успех планирования, реализации и эксплуатации этих проектов с участием нескольких операторов, которые требуют высокого уровня координации.

Проекты интермодальных авиа-железнодорожных перевозок требуют значительных капиталовложений в строительство и значительных эксплуатационных расходов, серьезной мотивации для реализации амбициозных целей, тесного сотрудничества между участниками концессии. Несмотря на то, что в целом существуют рекомендации по передовой практике интермодальных перевозок, похоже, не существует универсального решения для проектирования интермодальных пересадочных узлов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. EC (2006b): Air and Rail Competition and Complementarity, final report. Produced by Steer Davis Gleave London for the European Commission, DGTREN. — URL: [http://ec.europa.eu/transport/rail/studies/doc/2006\\_08\\_study\\_air\\_rail\\_competition\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/rail/studies/doc/2006_08_study_air_rail_competition_en.pdf).

2. EUROCONTROL (2004a): Review of the current intermodality situation. CARE II: The airport of the future: Central link of intermodal transport? European Organisation for the Safety of Air Navigation. URL: <http://www.eurocontrol.int/careinnov/gallery/content/public/docs/innov2/m3/WP1%204.0.pdf>.

3. EC (1997): Intermodality and intermodal freight transport in the European Union. Brussels: European Commission COM (97) 243. — URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:1997:0243:FIN:EN:PDF>.

4. EC (2011): European Commission White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area — Towards a competitive and resource efficient transport system. Brussels: European Commission COM (2011) 144. — URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:EN:PDF>.

5. Шелгунов О. О. Совершенствование конструктивного решения однопутных тоннелей на высокоскоростных железнодорожных магистралях с учетом аэродинамических процессов / О. О. Шелгунов, В. Н. Кавказский // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. — 2022. — С. 83–87.

6. Ledyayev A. P. Examination of the stress-strain state of service tunnels at the airport “Domodedovo” / A. P. Ledyayev, V. N. Kavkazsky, E. Davidenko // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia — 2021. — Switzerland, 2022. — Pp. 28–36.

7. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2015. Integrating Aviation and Passenger Rail Planning. — Washington, DC: The National Academies.

Дата поступления: 27.01.2025

Решение о публикации: 16.02.2025

### Контактная информация:

КАВКАЗСКИЙ Владимир Николаевич — канд. техн. наук, доц.; [Kavkazskiy\\_vn@mail.ru](mailto:Kavkazskiy_vn@mail.ru)

## Analysis of Global Trends in the Development of Intermodal Transfer Hubs Based on International Airports

V. N. Kavkazskiy

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

**For citation:** Kavkazskiy V. N. Analysis of Global Trends in the Development of Intermodal Transfer Hubs Based on International Airports // *Proceedings of Petersburg State Transport University*, 2025, vol. 22, iss. 1, pp. 134–147. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2025-1-134-147

### Summary

**Purpose:** To analyse different aspects of air and rail transport interaction; to determine design features of intermodal complexes and transportation hubs; to develop a concept of an airport intermodal transfer hub.

**Methods:** Experimental and theoretical methods based on the data analysis and verification; systematization, identification of dependencies and determination of cause-and-effect relationships. **Results:** The analysis

conducted made it possible to obtain full information on designing a tunnel at active airports. The criteria for an effective interaction of air and rail transport have been determined. The specific features of rail transport integration into the airport infrastructure have been established.

**Keywords:** Intermodality, tunnel, underground terminal, interaction of air and rail transport, light rail transport, metro, aeroexpress, high-speed lines.

## References

1. EC (2006b): Air and Rail Competition and Complementarity, final report. Produced by Steer Davis Gleave London for the European Commission, DGTREN. Available at: [http://ec.europa.eu/transport/rail/studies/doc/2006\\_08\\_study\\_air\\_rail\\_competition\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/transport/rail/studies/doc/2006_08_study_air_rail_competition_en.pdf).

2. EUROCONTROL (2004a): Review of the current intermodality situation. CARE II: The airport of the future: Central link of intermodal transport? European Organisation for the Safety of Air Navigation. Available at: <http://www.eurocontrol.int/careinnov/gallery/content/public/docs/innov2/m3/WP1%204.0.pdf>.

3. EC (1997): Intermodality and intermodal freight transport in the European Union. Brussels: European Commission COM (97) 243. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:1997:0243:FIN:EN:PDF>.

4. EC (2011): European Commission White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area — Towards a competitive and resource efficient transport system. Brussels: European Commission COM (2011) 144. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:EN:PDF>.

5. Shelgunov O. O., Kavkazskiy V. N. Sovershenstvovanie konstruktivnogo resheniya odnopusnykh tonneley

na vysokoskorostnykh zheleznodorozhnykh magistralyakh s uchetom aerodinamicheskikh protsessov [Improving the design solution for single-track tunnels on high-speed railway lines taking into account aerodynamic processes]. *Transport: problemy, idei, perspektivy: sbornik trudov LXXXII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchennykh* [Transport: problems, ideas, prospects: collected papers of the LXXXII All-Russian scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists]. 2022, pp. 83–87.

6. Ledyayev A. P., Kavkazskiy V. N., Davidenko E. Examination of the stress-strain state of service tunnels at the airport “Domodedovo”. International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia — 2021. Switzerland, 2022, pp. 28–36.

7. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2015. Integrating Aviation and Passenger Rail Planning. Washington, DC: The National Academies.

Received: January 27, 2025

Accepted: February 16, 2025

### Author's information:

Vladimir N. KAVKAZSKY — PhD in Engineering, Associate Professor; [Kavkazskiy\\_vn@mail.ru](mailto:Kavkazskiy_vn@mail.ru)