

УДК 656.21:711.7

Т. А. ВЛАСЮК, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ТИПОЛОГИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ МОДЕЛЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В АГЛОМЕРАЦИИ

Рассмотрены пространственно-планировочные модели размещения инфраструктуры железнодорожного транспорта, которые во многом определяют характер развития агломерации. Показано, что различия между городом-ядром и городами-спутниками отражают функциональную специализацию территорий и требуют дифференцированного подхода к планированию. Учет этих различий позволяет использовать инфраструктуру железнодорожного транспорта не только как средство перевозки пассажиров, но и как инструмент формирования устойчивой, сбалансированной и пространственно связанной агломерации.

Введение. Современные концепции транспортного планирования трактуют пассажирскую железнодорожную станцию не только как пункт посадки и высадки пассажиров, но и как многофункциональный центр городской активности, в котором вокзалы и станции крупнейших городов мира становятся ядром многоуровневых комплексов, включающих торговые площади, офисные здания, гостиницы, парковки и культурные пространства [1, 4]. Такое размещение способствует концентрации деловой активности и формирует новые «точки роста» в городской структуре. При этом интеграция пассажирской железнодорожной станции в городскую среду также означает рациональное использование ограниченных территориальных ресурсов [1].

Для Республики Беларусь данный подход имеет особую актуальность. В Минске, Бресте, Гомеле и Гродно центральные железнодорожные вокзалы уже являются значимыми градоформирующими объектами. Однако дальнейшее развитие агломераций требует их более тесной интеграции с городской средой: создания мультимодальных пересадочных узлов, расширения сервисных функций вокзалов, реконструкции прилегающих территорий с учётом потребностей пешеходов, велосипедистов и пассажиров общественного транспорта [3]. В связи с этим железнодорожная станция в центре агломерации должна рассматриваться не только как транспортный объект, но и как элемент комплексного развития городской среды, способный повысить привлекательность общественного транспорта, сократить нагрузку на автомобильные дороги и сформировать новые зоны деловой и социальной активности [2].

Постановка задачи. Формирование многоуровневых станционных комплексов с размещением пешеходных галерей, платформ, пересадочных коридоров, парковочных пространств и общественных функций позволяет создавать комбинативные образования транспортного обслуживания. Такие комплексы интегрируют железнодорожную инфраструктуру с объектами торговли, офисной недвижимости, гостиницами и жилыми зданиями, превращая вокзальные территории в многофункциональные городские кластеры. Подобный подход способствует более равномерному распределению пассажирских потоков во времени и пространстве и повышает экономическую отдачу от использования транспортной инфраструктуры.

Таким образом, инфраструктура железнодорожного транспорта в системе «город-ядро – город-спутник» представляет собой сложный иерархический комплекс, функционирование которого определяется взаимосвязанным развитием путевого хозяйства, станционных устройств и организационно-технологических решений. Эффективность этой инфраструктуры зависит от степени её интеграции в общую транспортную и градостроительную структуру агломерации, а также от способности адаптироваться к изменяющимся условиям расселения и мобильности населения. Именно в этом контексте дальнейший анализ путевого развития, станционных узлов и функциональной роли железнодорожных объектов в городах-ядрах и городах-спутниках приобретает особую научную и практическую значимость, что является актуальным направлением исследования.

Основная часть. Сегодня железнодорожная станция и вокзал представляют собой не просто функциональный узел пересадок, а сложный морфологический компонент, оказывающий системное влияние на организацию городской среды. Его роль значительно выходит за рамки транспортной логистики: вокзал становится пространственным стабилизатором, вокруг которого выстраиваются планировочные оси, пешеходные маршруты, транспортные артерии и общественные пространства. Такая структурообразующая функция объясняется спецификой железнодорожной инфраструктуры: выраженной линейностью трасс, протяжённостью путей и необходимостью учитывать рельеф и градостроительные ограничения. В отличие от других транспортных объектов, которые могут быть перемещены или заменены без радикального изменения городской структуры железнодорожная станция и вокзал имеют высокую степень фиксированности, что превращает их в устойчивую точку городской морфологии.

Линейность железнодорожных путей задаёт направление движения не только поезда, но и городской застройки. Железнодорожная станция и вокзал становятся своеобразным центром пересечения потоков, потому что пути формируют чёткие пространственные оси, которые пронизывают городскую структуру и продолжают в магистралях, проспектах, бульварах и ключевых пешеходных связях. В результате железнодорожная станция и вокзал неизбежно становятся

элементом, который «притягивает» к себе важнейшие маршруты городской жизни и формируют вокруг себя плотный узел транспортной и социальной активности. Даже если город растёт и меняет функциональные приоритеты, вокзал сохраняет способность направлять потоки движения благодаря своей роли в региональной и межгородской коммуникации (таблица 1).

Таблица 1 – Основные элементы инфраструктуры железнодорожного транспорта города для обслуживания пассажиров

Элемент инфраструктуры	Функциональное назначение	Краткая характеристика
Пассажирские железнодорожные станции	Обслуживание пассажиропотоков	Узлы городской мобильности
Вокзалы	Пересадка, сервис, общественные функции	Центры образования и погашения пассажиропотоков в городе (зоны тяготения)
Пассажирские технические станции (пассажирские участки)	Обслуживание пассажирского подвижного состава	

Пассажирские железнодорожные станции в агломерационной системе не являются однородными элементами. Их функциональное назначение варьируется в зависимости от положения в иерархии расселения и характера обслуживаемых потоков. В городах-ядрах можно выделить центральные вокзалы, распределительные пассажирские станции, грузовые и сортировочные узлы, а также специализированные технические станции. В городах-спутниках чаще всего присутствует одна железнодорожная станция, совмещающая пассажирские и минимальные грузовые функции (таблица 2).

Таблица 2 – Типология инфраструктуры железнодорожного транспорта для города

Тип станции	Основные функции	Преобладающий город
Пассажирская (центральный вокзал)	Дальние, региональные перевозки	Город-ядро
Пассажирская (пригородный вокзал)	Региональные (пригородные) перевозки	Город-ядро
Сортировочная (грузовая)	Грузовая работа	Город-ядро
Участковая	Пассажирские и грузовые перевозки	Город-спутник
Остановочный пункт	Внутренние (маятниковые) перевозки	Город-спутник

Инфраструктура железнодорожного транспорта является одним из ключевых факторов пространственно-экономического развития агломераций, оказывая как прямое, так и опосредованное воздействие на хозяйственную деятельность, рынок труда и инвестиционную привлекательность территорий. В условиях формирования полицентричных агломераций роль железной дороги выходит за рамки транспортного обеспечения, превращаясь в системный элемент экономической интеграции города-ядра и города-спутника [4].

В городе-ядре железнодорожная инфраструктура обеспечивает устойчивое функционирование крупных рынков труда, логистических узлов, промышленных зон и деловых центров. Высокая пропускная способность и связность железнодорожной сети позволяют концентрировать экономическую активность, снижая барьеры пространственной доступности и обеспечивая приток трудовых и потребительских ресурсов. В этом контексте железная дорога выступает фактором масштабирования городской экономики, расширяя фактические границы рынка труда и сферы обслуживания (рисунок 1).

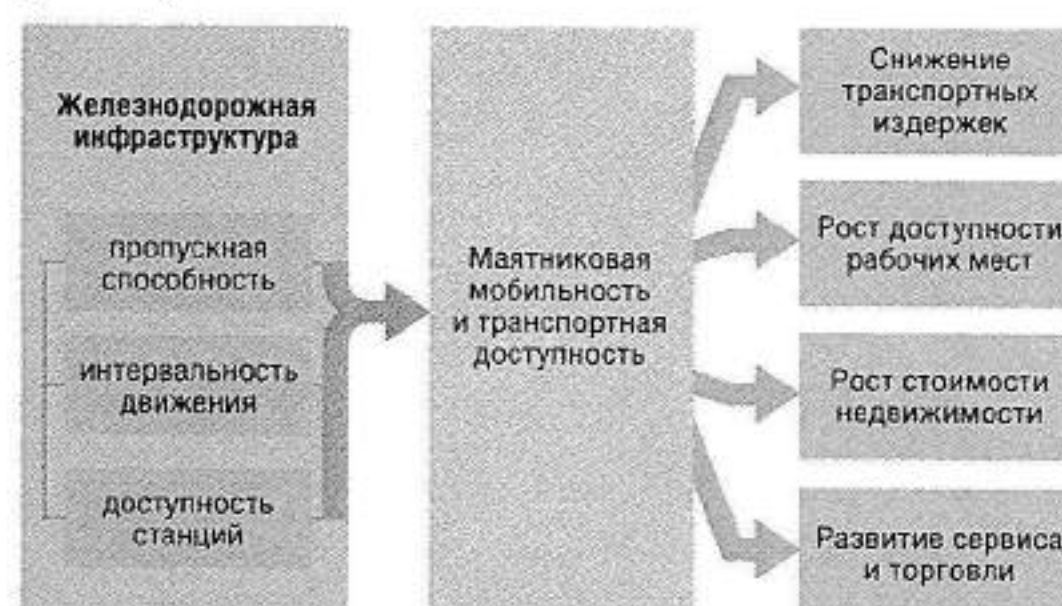


Рисунок 1 – Экономические каналы влияния железнодорожной инфраструктуры

Для города-спутника значение железнодорожной инфраструктуры зачастую является определяющим. В ряде случаев именно наличие железнодорожного сообщения превращает населённый пункт из локальной жилой территории в элемент агломерационной экономики. Железная дорога обеспечивает включение города-спутника в экономические цепочки города-ядра, формируя условия для маятниковой мобильности, притока инвестиций и развития локального бизнеса. Отсутствие или деградация железнодорожной инфраструктуры, напротив, ведёт к экономической изоляции, снижению инвестиционной активности и росту зависимости от индивидуального автотранспорта. Экономический эффект железнодорожной инфраструктуры проявляется через несколько взаимосвязанных механизмов, каждый из которых может быть формализован и количественно оценён. При том экономический эффект инфраструктуры проявляется через снижение транспортных издержек, рост доступности рабочих мест, повышение стоимости недвижимости в зоне тяготения станции, развитие сервисных и торговых функций территорий вблизи станций [2].

Первичным и наиболее очевидным эффектом развития железнодорожной инфраструктуры является снижение совокупных транспортных издержек для населения и бизнеса. Эти издержки включают как прямые денежные расходы, так и временные затраты, связанные с перемещением работников, товаров и услуг.

Железнодорожная инфраструктура расширяет фактический радиус доступности рынка труда, особенно для жителей городов-спутников. Количество доступных рабочих мест возрастает не за счёт их физического создания на территории спутника, а за счёт включения города в транспортную доступность ядра. Тогда индекс доступности рабочих мест может быть представлен в следующем виде:

$$I_{\text{рм}} = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{T_i}, \quad (1)$$

где R_i – количество рабочих мест в зоне i ; T_i – среднее время поездки до зоны i .

Сокращение времени поездки T_i вследствие улучшения железнодорожного сообщения приводит к росту $I_{\text{рм}}$, что повышает экономическую привлекательность проживания в городе-спутнике. В долгосрочной перспективе это способствует выравниванию уровня доходов и снижению территориального социально-экономического неравенства внутри агломерации.

Одним из наиболее наглядных эффектов железнодорожной инфраструктуры является рост стоимости земельных участков и объектов недвижимости в зоне пешеходной и транспортной доступности станций. Данный эффект обусловлен сочетанием транспортной доступности, концентрации сервисных функций и снижением издержек ежедневной мобильности.

Экономический эффект капитализации инфраструктуры может быть выражен через коэффициент прироста стоимости недвижимости

$$K_{\text{нед}} = \frac{P_{\text{ст}}}{P_{\text{баз}}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{ст}}$, $P_{\text{баз}}$ – средняя стоимость недвижимости в зоне влияния и за пределами зоны влияния станции.

Как правило, $K_{\text{нед}} > 1$, причём его величина зависит от уровня сервиса станции, интервальности движения и интеграции с городским транспортом. В городах-спутниках данный эффект зачастую играет ключевую роль в формировании локального рынка недвижимости и стимулирует девелоперскую активность.

Железнодорожные станции выступают точками концентрации потоков, что создаёт предпосылки для развития торговли, общественного питания, бытовых и деловых услуг. Экономическая активность объектов вблизи станций формируется не только за счёт жителей прилегающих районов, но и за счёт транзитных пассажиров. Интенсивность сервисной активности можно представить через показатель плотности экономических функций:

$$I_{\text{серв}} = \frac{N_c}{S_s}, \quad (3)$$

где N_c – количество сервисных и торговых объектов; S_s – площадь зоны тяготения станции.

Таким образом, железнодорожная станция – основной транспортный и функциональный центр города (рисунок 2).

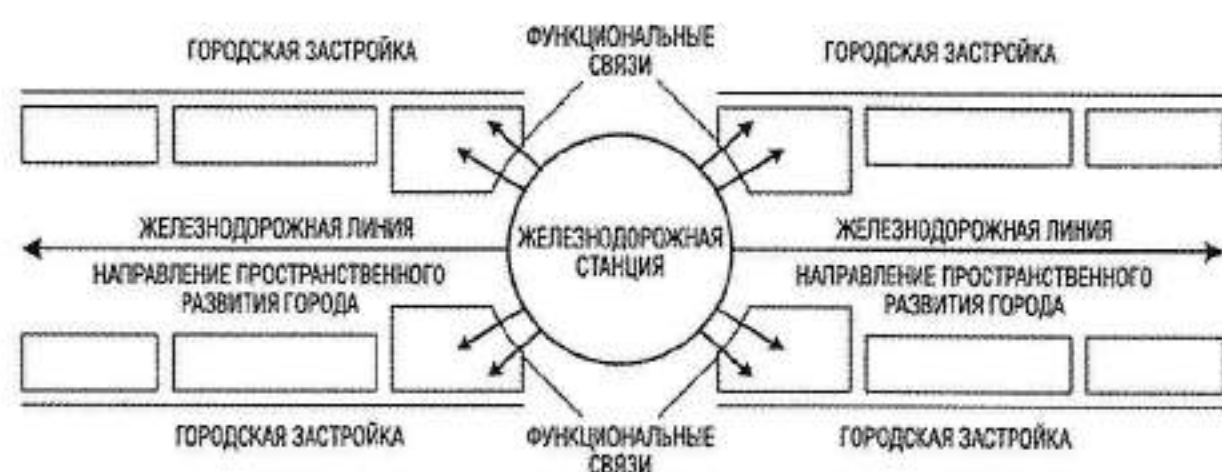


Рисунок 2 – Железнодорожная станция как основной транспортный и функциональный центр города

Рост $I_{\text{серв}}$ свидетельствует о трансформации станции из чисто транспортного объекта в многофункциональный экономический узел, усиливающий агломерационный эффект железнодорожной инфраструктуры.

Приоритетные направления эффективности развития железнодорожной инфраструктуры в городе-центре и его спутнике приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Приоритетные направления эффективности развития инфраструктуры железнодорожного транспорта в городе-центре и его спутнике

Направления развития	Город-ядро	Город-спутник
Рынок труда	Расширение агломерации	Доступ к рабочим местам
Логистика перевозок	Крупные хабы	Подвоз и распределение
Рынок недвижимости	Дифференциация цен	Рост привлекательности
Инвестиционная политика	Приток капитала	Стимул развития

Одной из важнейших проблем агломерационного развития является инфраструктурная асимметрия между городом-ядром и городами-спутниками (рисунок 3).

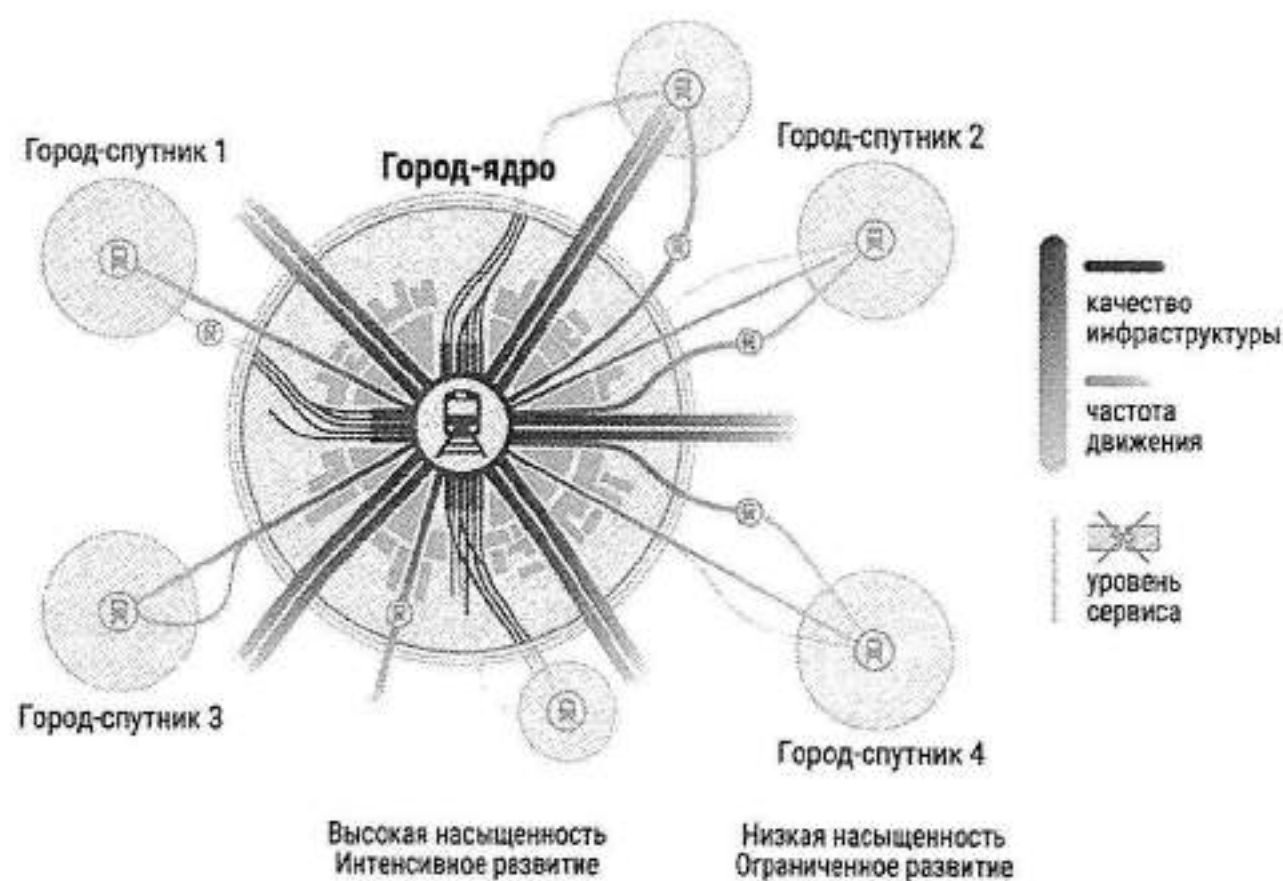


Рисунок 3 – Инфраструктурная асимметрия агломерации

Под инфраструктурной асимметрией в данном контексте понимается систематическое неравенство в уровне развития транспортных, сервисных и пересадочных элементов железнодорожной инфраструктуры, выражающееся в различиях качества вокзалов, частоты и регулярности движения поездов, уровне пассажирского сервиса, а также степени интеграции с другими видами городского транспорта. В городе-ядре железнодорожная инфраструктура, как правило, развивается приоритетно: здесь концентрируются крупные вокзальные комплексы, осуществляется обслуживание подвижного состава, внедряются современные системы навигации, сервиса и пересадки. Такое развитие объективно обусловлено масштабами пассажиропотоков, административным статусом и экономической значимостью города-ядра. Однако при отсутствии сбалансированной агломерационной политики данная концентрация инвестиций формирует диспропорции, влияющие на пространственную структуру мобильности и социально-экономические связи внутри агломерации.

Инфраструктурная асимметрия проявляется прежде всего в параметрах доступности. Для города-ядра характерны минимальные интервалы движения, высокая плотность железнодорожных узлов и развитая мультимодальная интеграция (рисунок 4).

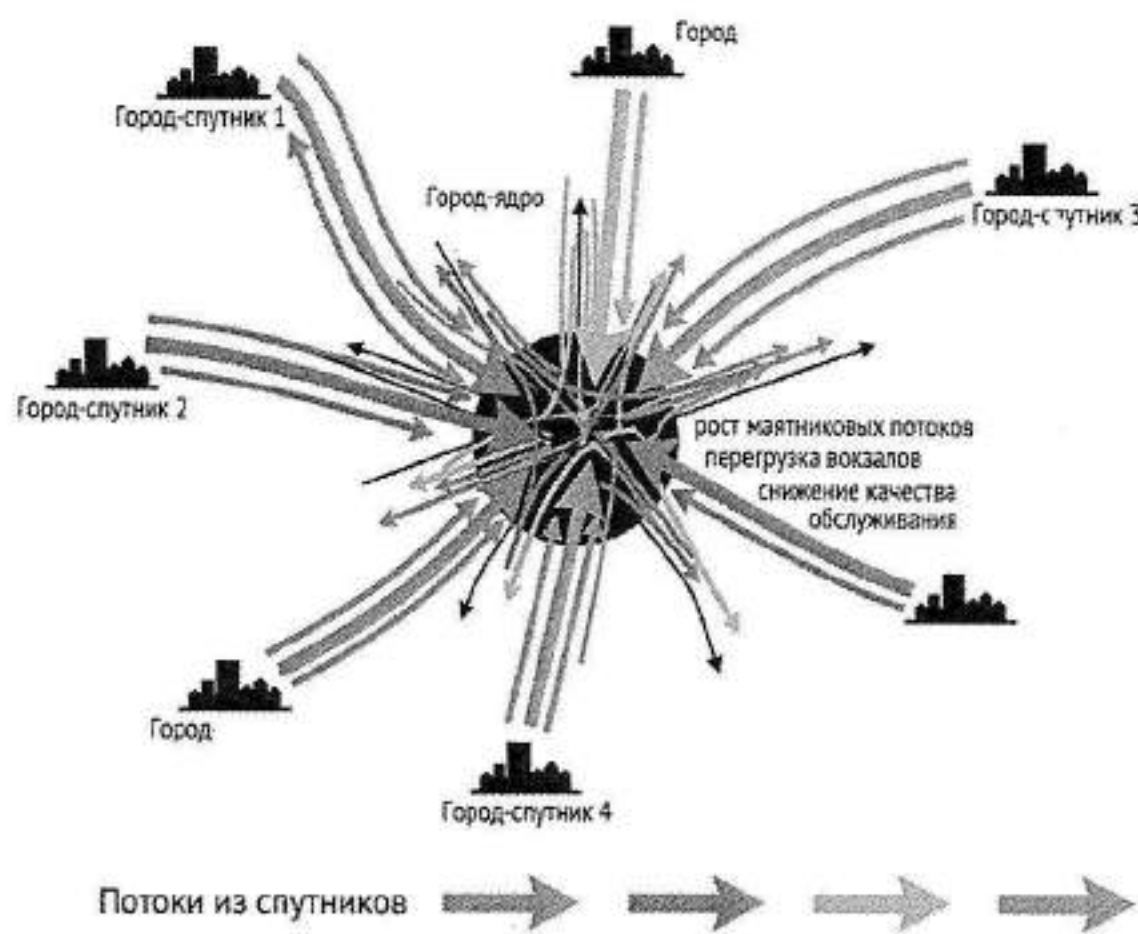


Рисунок 4 – Город-ядро как доминирующий центр притяжения в агломерации

В городах-спутниках, напротив, часто наблюдаются устаревшие вокзалы, малодеятельные направления движения поездов, слабая связность с местным общественным транспортом и ограниченный набор сервисных функций. В результате транспортная система агломерации формируется как иерархически неравновесная, где город-ядро выступает доминирующим центром притяжения. При этом чрезмерная концентрация инфраструктурных инвестиций в городе-ядре усиливает миграционные потоки.

Повышение качества обслуживания и сокращение времени в пути делает город-ядро ещё более привлекательным как место приложения труда, потребления и получения услуг. В то же время недостаточное развитие инфраструктуры в городах-спутниках усиливает социально-экономическую зависимость и ограничивает их самостоятельное развитие [2, 5]. Для формализации данного эффекта целесообразно введение коэффициента инфраструктурной асимметрии

$$K_{ac} = \frac{I_{инф}^{яд}}{I_{инф}^{сп}}, \quad (4)$$

где $I_{инф}^{яд}$, $I_{инф}^{сп}$ – интегральный индекс качества железнодорожной инфраструктуры города-ядра и города-спутника соответственно.

При $K_{ac} > 1$ наблюдается выраженная асимметрия, усиливающая центростремительные потоки. Чем выше значение коэффициента, тем более односторонним становится характер агломерационных связей. Следует отметить, что рост пассажиропотоков приводит к перегрузке вокзалов и пересадочных узлов города-ядра. Даже при высокой пропускной способности инфраструктуры эффект накопления пассажиров в часы пик снижает надёжность и комфорт перевозок.

Таким образом, инфраструктурная асимметрия парадоксальным образом снижает эффективность даже хорошо развитых центральных объектов. Степень пе-

регрузки центрального узла может быть оценена через коэффициент загрузки

$$K_{заг} = \frac{П_{ф}}{П_{пр}}, \quad (5)$$

где $П_{ф}$ – фактический пассажиропоток через узел; $П_{пр}$ – проектная пропускная способность узла.

При $K_{заг} \geq 1$ возникают системные сбои, растёт время ожидания и ухудшается качество обслуживания. В условиях асимметричного развития рост $П_{ф}$ обусловлен не только общим увеличением мобильности, но и дефицитом альтернативных центров притяжения в городах-спутниках.

Недостаточное развитие железнодорожной инфраструктуры в городах-спутниках усиливает их социально-экономическую зависимость от города-ядра. При слабой транспортной связности и низком уровне сервиса города-спутники теряют потенциал формирования собственных рынков труда и локальных центров деловой активности. Это приводит к «спальному» типу развития, при котором территория выполняет преимущественно функцию проживания, а экономическая активность концентрируется вне её пределов. Данный эффект может быть выражен через индекс экономической автономности города-спутника:

$$I_{авт} = \frac{P_{лок}}{P_{общ}}, \quad (6)$$

где $P_{лок}$ – количество рабочих мест, доступных внутри города-спутника; $P_{общ}$ – суммарное количество рабочих мест, используемых жителями города-спутника (включая поездки в ядро).

Снижение $I_{авт}$ свидетельствует о росте зависимости от центра и усилении маятниковой мобильности, обусловленной инфраструктурной асимметрией.

Развитие железнодорожной инфраструктуры оказывает влияние на социальную структуру городов. В городах-спутниках улучшение транспортной доступности часто приводит к росту доли экономически активного населения, формированию «спальных» районов и изменению демографического профиля. В городе-ядре железнодорожная инфраструктура способствует социальной дифференциации районов: привокзальные территории могут одновременно выступать зонами высокой деловой активности и социального контраста (таблица 4).

Таблица 4 – Социальные эффекты развития инфраструктуры города-центра и его спутника

Показатель	Город-ядро	Город-спутник
Маятниковая миграция	Прием потоков	Генерация потоков
Демография	Многообразие групп	Омоложение населения
Социальная мобильность	Высокая	Зависимая
Городская идентичность	Многоуровневая	Транспортно-ориентированная

Город-ядро характеризуется высокой плотностью железнодорожной инфраструктуры и многофункциональ-

ностью её элементов. Вокзалы в таких городах, как правило, являются крупными транспортно-пересадочными узлами, интегрированными с метро, автобусными и трамвайными сетями. При этом железнодорожные станции города-ядра выполняют сразу несколько функций, среди которых обслуживание дальних и региональных пассажирских перевозок; перераспределение пригородных потоков; обеспечение грузовых операций в рамках агломерации.

В таблице 5 приведена краткая характеристика инфраструктуры железнодорожного транспорта города-ядра.

Таблица 5 – Краткая характеристика инфраструктуры железнодорожного транспорта города-ядра

Классификационный признак	Краткая характеристика
Тип узла	Многофункциональный
Плотность путей	Высокая
Доля транзитных поездов	Значительная
Интеграция с городским транспортом	Максимальная
Градостроительная функция	Формирование центров развития

Инфраструктура города-ядра часто выступает драйвером реорганизации прилегающих территорий, включая редевелопмент промышленных зон и создание новых общественных пространств.

В отличие от города-ядра его спутники, как правило, обладают более компактной и специализированной железнодорожной инфраструктурой. Основной акцент делается на обслуживании пригородных пассажирских перевозок, ориентированных на маятниковую миграцию населения. При этом железнодорожная станция в городе-спутнике зачастую выполняет роль главного транспортного «входа» в город, формируя локальный центр активности, но не обладая многофункциональностью вокзалов города-ядра (таблица 6).

Таблица 6 – Краткая характеристика инфраструктуры железнодорожного транспорта города-спутника

Классификационный признак	Краткая характеристика
Тип узла	Линейный или локальный
Плотность путей	Средняя (небольшая)
Тип перевозок	Региональные (пригородные)
Интеграция с городским транспортом	Ограниченная
Градостроительная функция	Локальный центр

Таким образом, сравнение показывает, что различия между инфраструктурой города-ядра и города-спутника носят системный характер и отражают

иерархию расселения и функций в агломерации (таблица 7).

Таблица 7 – Сравнение инфраструктуры города-ядра и города-спутника

Классификационный признак	Город-ядро	Город-спутник
Функциональная нагрузка	Многоуровневая	Одно-, двухуровневая
Тип пассажиропотоков	Дальние и региональные (пригородные)	Преимущественно региональные
Инфраструктурная сложность	Высокая	Средняя или низкая
Влияние на застройку	Региональное	Локальное
Значимость для агломерации	Центр	Периферия

Например, Минская агломерация включает в себя населенные пункты, расположенные в пределах административно-территориальных и природно-ландшафтных районов, интегрированных в социальные, экономические и экологические процессы города-ядра, обеспечивающих его развитие и нормальное функционирование городского хозяйства (таблица 8).

Таблица 8 – Краткая характеристика железнодорожной инфраструктуры города-ядра (Минска)

Классификационный признак	Краткая характеристика
Тип пространственной модели	Радиально-полицентрическая
Функция вокзала	Центральный пассажирский и пересадочный
Сеть остановочных пунктов	Основа для развития сети городской электрички
Интеграция с городским транспортом	Высокая (метро, автобус, трамвай), но неравномерная
Морфологическое влияние	Формирование осей застройки и зон повышенной плотности
Основные проблемы	Перегрузка центрального узла
Потенциал развития	Усиление полицентричности, редевелопмент привокзальных территорий

Следует отметить, что для города-ядра (обычно крупного города) характерно сочетание радиальных железнодорожных направлений (входящих в город с разных сторон) и частичных кольцевых / полукольцевых связей (обходы, соединительные ветви, грузовые направления). В такой схеме:

- железнодорожный вокзал выполняет роль межрегионального «портала»;
- внутригородские станции / остановочные пункты – роль распределителей пассажиропотоков по районам;
- грузовые станции, сортировочные и подъездные пути формируют «второй уровень» инфраструктуры, часто конфликтующий с городской средой (барьеры, шум, разрывы связности), но критичный для экономики.

Радиальная и радиально-кольцевая модели являются одними из наиболее распространённых для крупных городов-ядер, сформировавшихся в условиях ранней индустриализации. В рамках радиальной модели железнодорожные линии сходятся к центральному

вокзалу или группе вокзалов, формируя выраженную центростремительную структуру (рисунок 5).

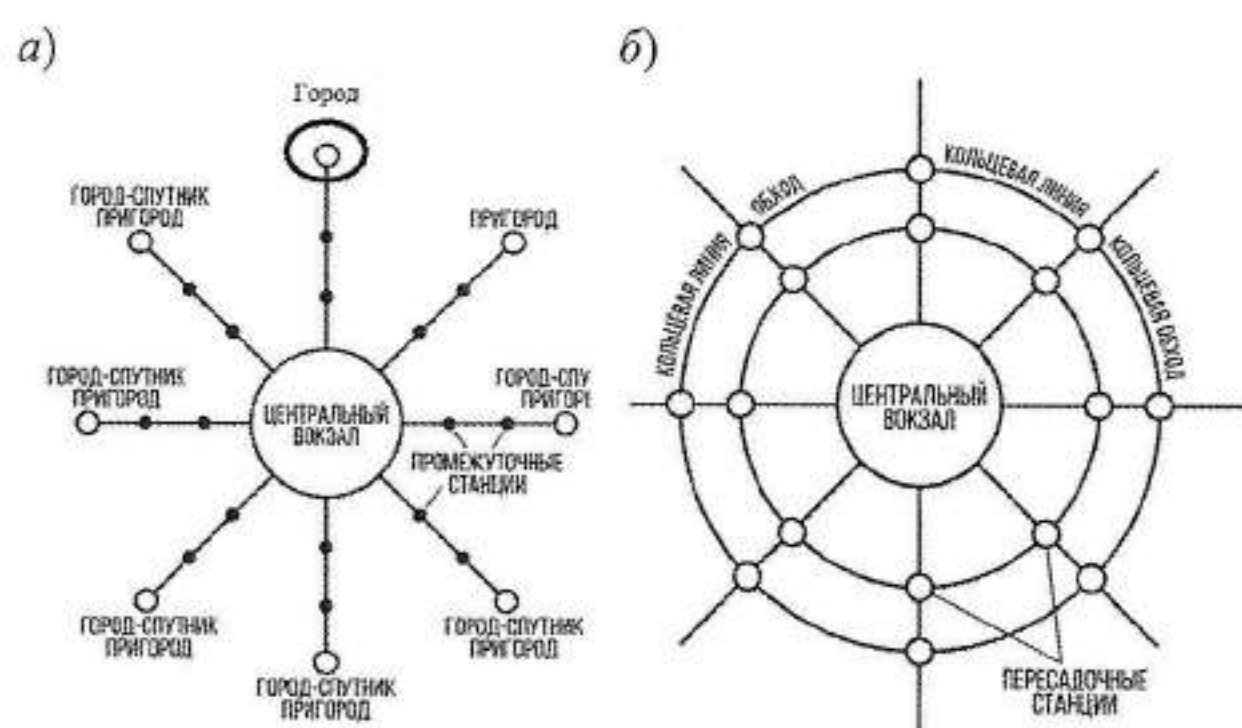


Рисунок 5 – Пространственно-планировочные модели размещения железнодорожной инфраструктуры: а – радиальная; б – радиально-кольцевая

Радиальная и радиально-кольцевая модели являются одними из наиболее распространённых для крупных городов-ядер, сформировавшихся в условиях ранней индустриализации. В рамках радиальной модели железнодорожные линии сходятся к центральному вокзалу или группе вокзалов, формируя выраженную центростремительную структуру. Радиально-кольцевая модель дополняет эту схему обходными и кольцевыми линиями, обеспечивающими перераспределение потоков и разгрузку центральных узлов. Для города-ядра данные модели создают высокую транспортную доступность центра, но одновременно формируют риски перегрузки центральных станций и прилегающих территорий.

Коэффициент концентрации железнодорожной инфраструктуры радиальной модели может быть определён по формуле

$$K_{\text{рад}} = \frac{P_{\text{ц}}}{P_{\text{г}}}, \quad (7)$$

где $P_{\text{ц}}$ – пассажиропоток, проходящий через центральную станцию города-ядра; $P_{\text{г}}$ – суммарный пассажиропоток города.

Радиально-кольцевая модель дополняет радиальную схему обходными и кольцевыми линиями, обеспечивающими перераспределение потоков и разгрузку центральных узлов.

Радиально-кольцевая модель почти всегда порождает зоны структурной поляризации: участки возле пассажирских узлов тяготеют к услугам и общественным функциям, участки вдоль грузовых фронтов – к промышленности, складам и логистике. Со временем это может приводить к необходимости «переформирования» прилегающих территорий: уплотнение объектов железнодорожной станции вокруг вокзала, вынос грузовых операций, создание транспортно-пересадочных узлов (ТПУ). Следует отметить, что когда город-ядро растёт и усложняется, вокзал как одна центральная точка уже не справляется с распределением пассажиропотоков. Возникают вторичные центры: районы деловой активности, крупные жилые массивы, университетско-медицинские кластеры, торгово-развлекательные центры. Железная дорога в таком го-

роде начинает работать эффективнее, если:

- появляется сеть остановочных пунктов вблизи плотной застройки и «точек притяжения»;
- обеспечивается короткая пересадка на метро/трамвай/автобус;
- реализуются тактовые региональные (пригородные) перевозки, близкие по логике к городскому рельсовому транспорту.

Необходимо обратить внимание на возможность применения полицентричности инфраструктуры, что снижает нагрузку на один главный вокзал, но требует некоторого усовершенствования: остановочные пункты должны быть не «формальными», а встроенными в городскую среду (пешеходный доступ, безопасные переходы, понятная навигация, связь с местными маршрутами). Полицентрическая модель характерна для крупных и сверхкрупных городов-ядер, где развитие происходило за счёт формирования нескольких центров притяжения. В этой модели железнодорожная инфраструктура распределяется между несколькими узловыми станциями, каждая из которых обслуживает собственную зону влияния (рисунок 6).

Такая структура снижает нагрузку на исторический центр и способствует более равномерному распределению пассажиропотоков, однако требует сложной координации расписаний и инфраструктурных решений.

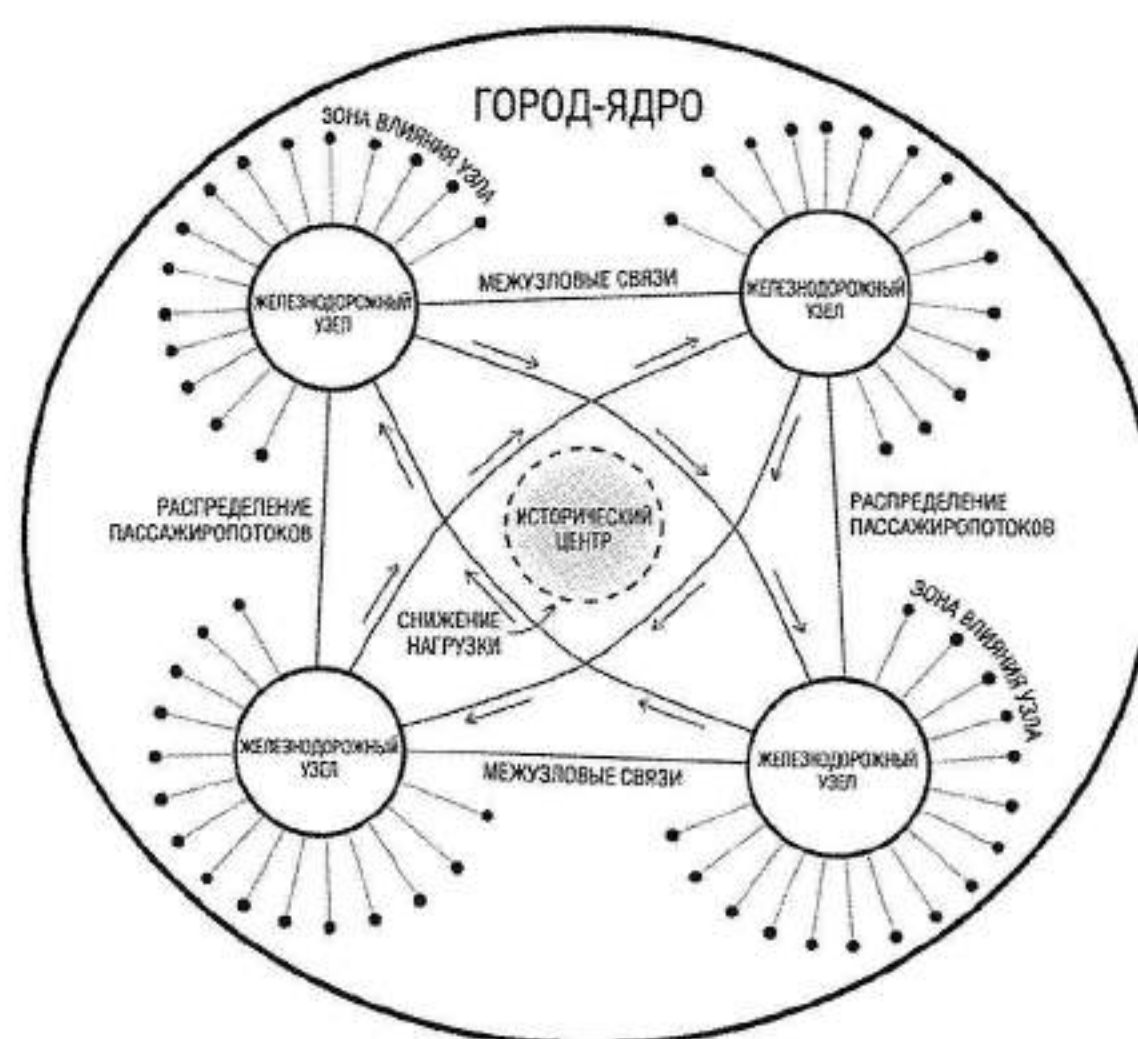


Рисунок 6 – Полицентрическая модель

Город-спутник чаще развивается вдоль железнодорожной оси или в зоне «луча» от ядра. Станция здесь – не просто точка посадки, а главный элемент образа города и его «экономический клапан»:

- утром станция «выпускает» жителей в сторону ядра (маятниковый отток);
- вечером «возвращает» их назад (маятниковый приток);
- в дневные часы может обслуживать локальные поездки (учеба, услуги, медицина) и редкие межрайонные перемещения.

Линейно-узловая структура возникает там, где спутник стоит на пересечении направлений либо рядом с промышленным узлом: тогда станция / парк путей совмещает пассажирскую и производственно-

логистическую функции, а планировочные решения становятся более конфликтными (переезды, барьерность, смешение грузовых и пассажирских потоков).

Линейная модель является наиболее распространённой для городов-спутников, сформировавшихся вдоль железнодорожных линий. В рамках данной модели городская застройка вытягивается вдоль оси железной дороги, а станция выступает основным транспортным и функциональным центром. Железнодорожная линия в этом случае не только обслуживает существующую структуру города, но и определяет направление его пространственного развития. Линейная модель обеспечивает высокую доступность железнодорожной станции для большинства населения, однако одновременно ограничивает возможности территориального расширения и диверсификации функций.

Линейно-узловая модель является развитием линейной структуры и характерна для более крупных или исторически развитых городов-спутников. В данной модели железнодорожная станция выполняет функцию узла, вокруг которого концентрируются общественные, торговые и административные функции, в то время как линейная застройка сохраняется вдоль путей. Станция в этой модели становится не только транспортным объектом, но и пространственным ядром города, определяющим его функциональную структуру и социальную активность (рисунок 7).

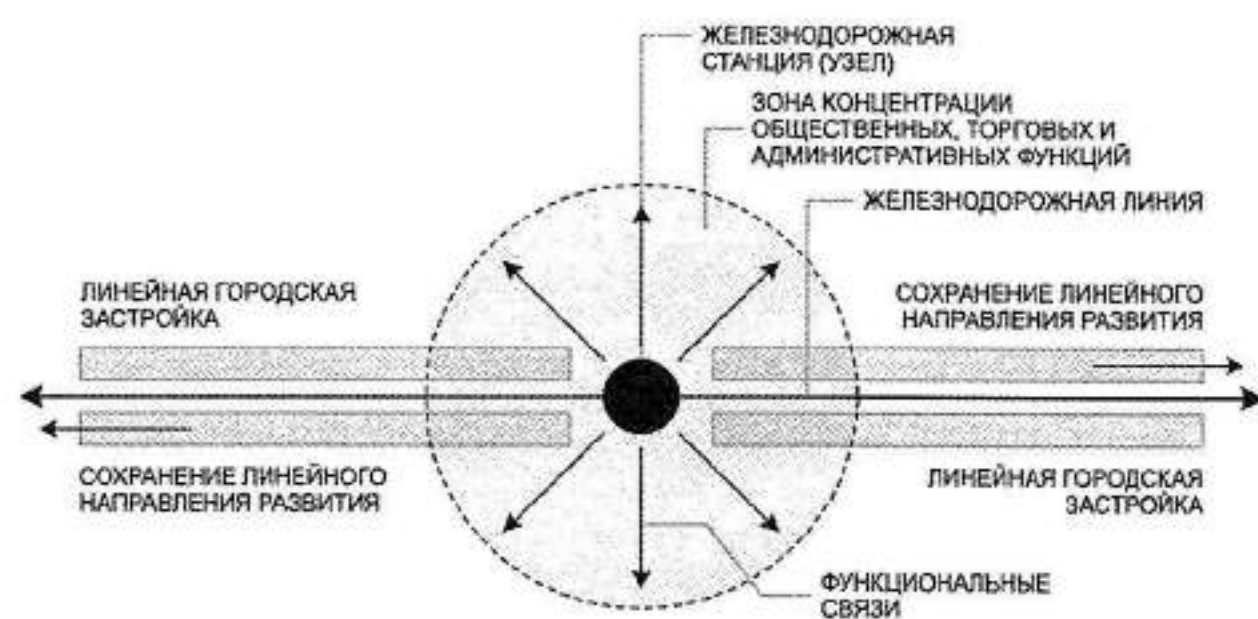


Рисунок 7 – Линейно-узловая модель

Индекс полицентричности железнодорожной инфраструктуры

$$I_{\text{пол}} = 1 - \sum_{i=1}^n \left(\frac{P_i}{P_{\Gamma}} \right)^2, \quad (8)$$

где P_i – пассажиропоток i -го железнодорожного узла города-ядра; P_{Γ} – суммарный пассажиропоток города.

Исследования показали, что эффективность использования железнодорожного транспорта в городской агломерации существенно возрастает при проектировании прямых железнодорожных маршрутов, непосредственно соединяющих пригород или город-спутник с мультимодальными пересадочными узлами. Предпочтения пассажирами железнодорожного транспорта оказываются уверенно прогнозируемыми, если предоставлять пассажиру не меньшую стоимость билета на конкурентном виде транспорта, а обеспечивать более удобную связь с железнодорожным или другим рельсовым видом транспорта, минимизирующую или исключаящую ожидания.

Изучение истории развития городов и их транспортного обеспечения показывает, что количество и регулярность поездок между городом-ядром и городом-спутником имеют выраженную тенденцию к росту, причём это происходит за относительно короткий промежуток времени под воздействием различных факторов. Прежде всего, существенную роль играет экономическое развитие городов-спутников, где создаются технопарки, индустриальные предприятия и научные кластеры.

Наличие рабочих мест в таких центрах формирует устойчивые маятниковые миграции: жители спутников ежедневно отправляются в метрополию по вопросам образования, здравоохранения и культурного досуга, в то время как горожане из ядра перемещаются в спутники для трудовой деятельности в промышленных и инновационных зонах.

Немаловажным фактором выступает и экологическая ситуация. В крупных городах ухудшение состояния окружающей среды, рост автомобильного трафика и высокая плотность застройки стимулируют перенос части производственных мощностей, образовательных учреждений и социально-культурных объектов в города-спутники. Это снижает нагрузку на город-ядро и одновременно увеличивает интенсивность транспортных связей с прилегающими территориями.

Особое значение приобретает развитие социальной и культурной инфраструктуры в городах-спутниках. Региональные торговые и развлекательные комплексы, культурные центры, спортивные сооружения и социальные учреждения создают новые центры притяжения для жителей агломерации.

Таким образом, маятниковые поездки перестают быть исключительно трудовыми: они всё чаще связаны с досугом, образованием, медицинским обслуживанием и бытовыми потребностями. Мировой опыт подтверждает, что при формировании агломераций структура пассажиропотоков быстро диверсифицируется. Если на начальном этапе преобладают трудовые миграции, то в дальнейшем увеличивается доля поездок, связанных с рекреацией, обучением и обслуживанием населения. Для Беларуси эта тенденция особенно актуальна, поскольку в Брестской, Гомельской и Минской агломерациях уже формируются узлы притяжения, способные перераспределять часть потоков, традиционно направленных в областные центры. В результате транспортные системы агломераций должны развиваться опережающими темпами, чтобы соответствовать растущему многофакторному спросу. Это означает необходимость проектирования железнодорожных линий и остановочных пунктов не только с учётом трудовых поездок, но и с ориентацией на многоцелевые маятниковые перемещения, которые определяют качество жизни населения и устойчивость городской среды.

Заключение. Проведенное исследование специализации пассажиропотоков города-ядра и его спутников позволяет сделать вывод о том, что структура пассажирского спроса является не случайным следствием транспортного обслуживания, а прямым отражением пространственно-функциональной организации агломерации. Различия в типах, направленности и временной структуре поездок воспроизводят распре-

деление экономических, социальных и управленческих функций между центральным городом и окружающими его территориями, формируя устойчивую, хотя и асимметричную систему транспортных связей.

Для городов-спутников характерна узкая специализация пассажиропотоков, основанная на доминировании маятниковых поездок в направлении города-ядра. Такая структура обусловлена концентрацией рабочих мест, образовательных и сервисных функций в центре агломерации и ограниченной функциональной автономией спутников. В результате пассажирские станции городов-спутников функционируют преимущественно как элементы системы ежедневной трудовой и учебной мобильности, что проявляется в выраженной пиковой нагрузке, высокой направленной асимметрии потоков и низкой степени их смещения.

Город-ядро, напротив, характеризуется многофункциональной и смешанной структурой пассажиропотоков. Здесь пересекаются входящие маятниковые потоки, внутригородские перемещения, транзитные пассажиры и межрегиональные связи. Такое наложение потоков отражает универсальную роль города-ядра как экономического, культурного и транспортного центра агломерации и формирует качественно иную нагрузку на инфраструктуру. Станции города-ядра выступают не

только пунктами отправления и прибытия, но и сложными узлами перераспределения пассажирских потоков, требующими многоуровневой организации и высокой пропускной способности.

Список литературы

1 Организация пригородных железнодорожных перевозок: учеб. пособие / Ю. О. Пазойский, С. П. Вакуленко, А. В. Колин [и др.]; под ред. Ю. О. Пазойского. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп. 2015. – 270 с.

2 Власюк, Т. А. Железнодорожный пассажирский транспорт в территориальной структуре городов-центров и их спутников в Республике Беларусь (ретроспективный анализ и перспектива развития) : монография / Т. А. Власюк. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 230 с.

3 Власюк, Т. А. Особенности развития инфраструктуры железнодорожного транспорта в агломерации / Т. А. Власюк // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2025. – № 1. – С. 53–58.

4 Вучик, В. Р. Транспорт в городах, удобных для жизни / В. Р. Вучик. – М. : Территория будущего, 2011. – 574 с.

5 Жолудь, Н. И. Планировочная организация городов-спутников в условиях развития Минской агломерации / Н. И. Жолудь // Архитектура : сб. науч. тр. – Минск : БНТУ, 2019. – Вып. 12. – С. 58–63.

Получено 05.09.2025

T. A. Vlasuk. Typology of spatial and planning models of railway transport infrastructure placement in an agglomeration.

The spatial planning models for the placement of railway transport infrastructure, which largely determine the nature of the development of the agglomeration, are considered. It is shown that the differences between the core city and satellite cities reflect the functional specialization of territories and require a differentiated approach to planning. Taking these differences into account allows us to use rail transport infrastructure not only as a means of transporting passengers, but also as a tool for creating a sustainable, balanced and spatially connected agglomeration.