

УДК 691.33

Килина Екатерина Федоровна

градостроитель

E-mail: Kilina_katerina95@mail.ru

ООО «Проектдевелопмент»

Адрес организации: 660001, Россия, г. Красноярск, ул. Ладо Кецховели, д. 22а, оф. 13-05

Кукина Ирина Валерьевна

кандидат архитектуры, доцент

E-mail: ikukina@inbox.ru

Липовка Алексей Юрьевич

кандидат технических наук

E-mail: alex.lipovka@gmail.com

Сибирский Федеральный Университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 82а

Принципы создания модели развития системы электрического транспорта в городской среде (на примере города Красноярска)¹

Аннотация

Постановка задачи. Цель исследования – изучить и проанализировать развитие электрического транспорта в городской среде, а также выявить принципы создания модели развития электротранспорта на примере города Красноярска. Модель развития электротранспорта является универсальным инструментом, который дает возможность делать прогнозы на этапе планирования или реконструкции транспортной сети города, а также осуществлять мониторинг ее работы в системе города.

Результаты. Основные результаты исследования состоят в выявлении принципов создания модели развития системы общественного электротранспорта в городской среде на основе открытых данных.

Выводы. Значимость полученных результатов для градостроительной отрасли заключается в том, что на основе разработанных принципов, формируется комплексная модель развития электротранспорта. В разработанной модели, при учете всех факторов в планировании интегрированной электротранспортной системы, возможно, повысить эффективность и уровень привлекательности сети общественного транспорта, а также снизить автомобильную нагрузку.

Ключевые слова: система электротранспорта, модель развития, городская среда.

Введение

В Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р, дается приоритет развитию пассажирского транспорта общего пользования, прежде всего это относится к развитию электрического транспорта.

В первую очередь, электротранспорт – наиболее экологически чистый вид транспорта. Современный общественный электротранспорт привлекателен для пассажиров: бесшумность и отсутствие вибраций при движении, плавность хода, высокая провозная способность [1]. Среди преимуществ электротранспорта в городской среде – простота, ремонтпригодность и более долгий срок службы подвижного состава, движение без заторов и максимальная скорость на обособленном полотне. Электрический транспорт наиболее актуален для холодных погодных условий. В условиях сложившейся плотной застройки только городской общественный электротранспорт способен осуществлять массовые перевозки населения, потому что имеет высокую провозную способность [2].

¹Статья выполнена в рамках проекта 1.5.5. «Тенденции развития методологии реновации архитектурно-градостроительной среды городов-региональных центров в конце XX в.». Филиал ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», НИИТИАГ.

Развитие городской транспортной системы города будет создавать постоянно растущие объемы данных. Объем данных будет постоянно уплотняться с увеличением количества подвижного состава, плотности остановочных пунктов, плотности транспортных узлов. Все эти данные можно исследовать и использовать для построения транспортной модели на основе применения программного продукта с использованием открытых данных. Транспортное моделирование с открытыми данными крайне необходимо как для содержания и развития транспортных систем Красноярска, так и в России в целом. При этом градостроительный анализ должен учитывать местные особенности территорий города. С помощью такого анализа выполняется территориально-транспортное планирование.

Капитальная инфраструктура видов электротранспорта различна. Территориальная фиксация электротранспорта ведет за собой сложности при реконструкции и согласованности и при территориальном развитии города. Кроме того, прокладка трамвайных путей и линий электропередач для электротранспорта сопряжена с определенными техническими затруднениями в организации движения в городе. Это является основным препятствием для реконструкции города.

Модель развития электротранспорта позволит регулировать данный процесс. С ее помощью возможна оптимизация всей транспортной сети города, где электротранспорт является наиболее эффективным видом транспорта. Модель развития электрического транспорта представляет собой интерактивную транспортную карту города. С помощью подобной модели можно управлять транспортными процессами на городском уровне.

Электротранспортные системы в городе

С точки зрения градостроительства, большинство видов электротранспорта являются негибкими, территориально зафиксированными, потому что связаны с электрическими технологиями [3]. Система городского общественного электротранспорта состоит из внеуличного контактного, уличного контактного и бесконтактного типов транспорта. К внеуличному контактному относятся легкорельсовый транспорт – Light Rail Transit (LRT), метро и внутригородской железнодорожный транспорт. К уличному контактному типу относятся, как правило, разновидности легкорельсового транспорта (скоростной трамвай), трамвай и троллейбус.

Внеуличный и уличный контактный тип транспорта являются планировочной негибкой системой, имеют меньшую мобильность, но более высокую скорость и провозную способность. К бесконтактному типу электротранспорта принадлежат электробусы и дуобусы. Они обладают большей мобильностью, но более низкой провозной способностью и скоростью движения.

Внутригородской железнодорожный транспорт имеет такие же характеристики, что и системы легкорельсового транспорта. Эти системы обособлены от прочих транспортных потоков, имеют высокую скорость и большую провозную способность, сравнимую с метро [4]. Основной недостаток – абсолютно негибкая, территориально-зафиксированная система, поменять направления линий очень сложно.

Трамвай имеет меньшую вместимость и провозную способность по сравнению с предыдущими видами электротранспорта, но большую по сравнению с троллейбусами и электробусами (рис. 1). Для строительства трамвайной инфраструктуры необходимо прокладка рельсов, проводного кабеля и строительство депо, регулирующего напряжение в контактной сети. Эта сеть отличается сравнительно низкой гибкостью, но имеет провозную способность равную 4-18 тыс. пассажиров в час; скорость сообщения – до 20 км/час. Трамвай передвигается на полотне полностью изолированном от других видов транспорта.

Троллейбус имеет двухпроводную контактную сеть, в отличие от контактной сети трамвая, где в качестве второго провода используются рельсы, и, как следствие, значительно сложнее и тяжелее. Этот вид транспорта является гибким, не зафиксирован территориально, обладает маневренностью, но имеет относительно низкую скорость сообщения 18-20 км/ч, и провозную способность – 5-10 тыс. пассажиров в час. Троллейбусная электрическая контактная сеть мобильна, а монтаж малозатратный. Этот вид электротранспорта позволяет установить систему рекуперации энергии, что даёт экономию и перераспределение электроэнергии, особенно при работе на участках со сложным рельефом.

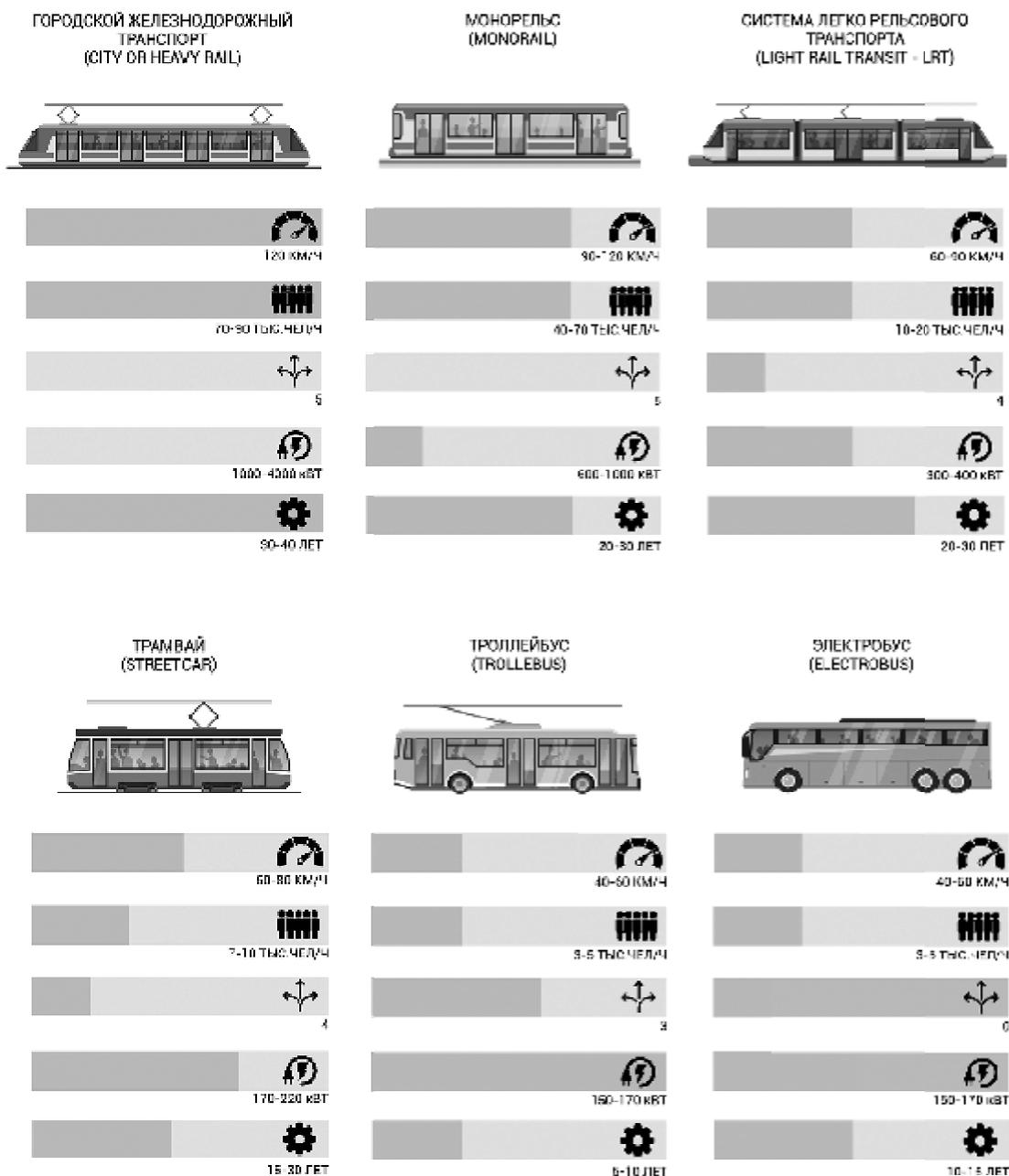


Рис. 1. Оценка критериев типов электротранспорта (иллюстрация авторов)

Электробус имеет самую высокую степень мобильности и маневренности. Однако, для электробусов необходимо создание сети станций зарядки аккумуляторов. Электробус имеет низкие эксплуатационные расходы, но стоимость подвижного состава очень высока, по сравнению с другими видами электротранспорта. Скорость электробуса сравнима со скоростью трамвая, но провозная способность, как у троллейбуса.

Исходя из оценки критериев типов электротранспорта, был проведен анализ наиболее эффективных городских электротранспортных систем. Методика исследования основана на сборе, визуализации и сравнительном анализе данных городской транспортной системы. Были выбраны следующие опорные города, которые имеют уникальные электротранспортные городские системы: Сиэтл, Стокгольм, Мельбурн, Екатеринбург. Затем был проведен местный анализ электротранспортных систем и выявлены основные критерии развития. Для сравнения были определены следующие характеристики: плотность УДС, протяжённость автобусных или

троллейбусных/трамвайных линий, количество пересадочных узлов, количество подвижного состава, а также количество маршрутов.

Сиэтл – один из многих американских городов, в которых во время автомобильного бума уничтожали трамвайные и троллейбусные сети. Но сейчас в городе функционирует интегрированная система общественного транспорта. Уникальность этой системы состоит в том, что подвижной состав имеет техническое оснащение в виде буферного сцепления с рельсами, токоприемников, а также стандартный дизельный двигатель. В центральной части города, этот подвижной состав подключается к воздушным электрическим линиям, затем к рельсовым сетям, на окраинных территориях функционирует как автобус. Троллейбусы имеют аккумуляторы, которые позволяют управлять машиной на участках без контактного провода, что дает возможность использовать машины в автономном режиме на расстоянии до пяти километров.

Интегрированная система включает в себя крупные узлы пересечения, оснащенные перехватывающими парковками и организованными остановками общественного транспорта. Данная система привела к заметным улучшениям в городе, например, к отсутствию вибрации, к низкому уровню шума, к увеличению частоты движения маршрутов. Сеть сократила транзитные перегрузки на многих центральных улицах, понизила уровень личного транспорта в центральной части города [5].

В рамках этой системы разработано руководство по планированию и проектированию улиц «STREET TYPE STANDARDS» (рис. 2), в котором описано, где могут проходить транзитные коридоры, которые имеют воздушные электрические провода для питания транзитных транспортных средств – троллейбусы. Этот документ основан на землепользовании и предполагаемом характере улицы для того, чтобы ориентировать как будущие проекты развития, так и проекты существующей транспортной инфраструктуры.

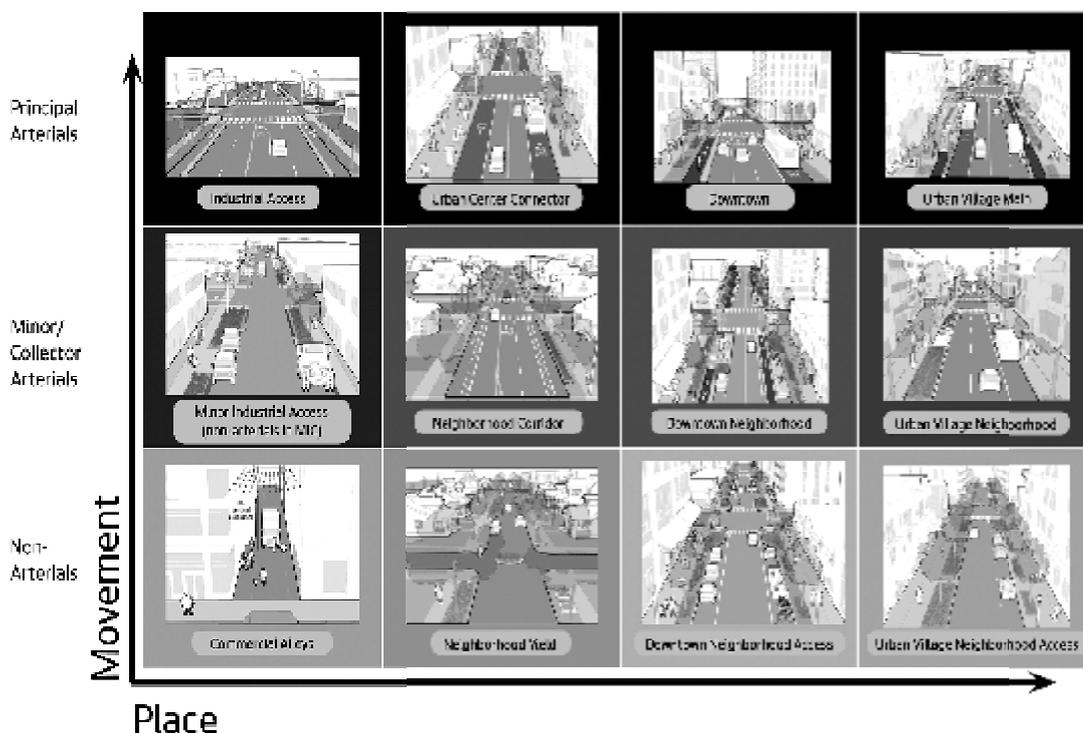


Рис. 2. Руководство по планированию и проектированию улиц
«STREET TYPE STANDARDS» Сиэтла

(Источник: официальный сайт SEATTLE RIGHT-OF-WAY IMPROVEMENTS MANUAL/
<http://streetsillustrated.seattle.gov/street-types/>)

Основой системы электротранспорта Стокгольма является метро. Его протяженность составляет 105,7 км. Данная система имеет подключение к другим видам электротранспорта. Система стокгольмского метро развивается по принципу территориальной доступности городских районов. Уникальность данной системы заключается в расположении организованных транспортно-пересадочных узлов, а также, в связи с регионами страны через эту сеть. Сеть метро имеет четко выраженный центр, образующий узел, в который связываются все ветки. Основным узлом Стокгольма является центральный железнодорожный вокзал, откуда отходят региональные ветви [6].

В Мельбурне развернута обширная сеть легко-рельсового транспорта, эффективно работающая на весь город, и широкая сеть железнодорожного сообщения, которая дополняется «перехватывающей» сетью автобусного сообщения [7]. Город обладает технически оснащенной и современной моделью трамвайного движения. Уникальность этой системы заключается в том, что, благодаря большим данным и специальному анализу, трамвайная система может автоматически перенастраивать маршруты в ответ на внезапные проблемы, такие как реконструкция сети или стихийное бедствие. Данные также используются в этой системе для устранения проблем, прежде чем они станут серьезными. Датчики, расположенные на оборудовании, такие как трамвайные вагоны и дорожки, могут обнаруживать, когда потребуется техническое обслуживание на определенной части сети. Экипажи быстро отправляются на ремонт, и трамвайная система продолжает работать плавно. Также, эта система имеет связь с легкорельсовым транспортом в пересадочных узлах, что позволяет жителям города передвигаться с наименьшими временными затратами.

В России электротранспортные системы развиты недостаточно, большая часть подвижного состава изношена, а также несовершенна сама система – отсутствует интегрированность. Но на сегодняшний день существует потенциал развития городских железнодорожных, а также трамвайных линий.

В Екатеринбурге трамвай является самым приоритетным видом общественного транспорта. В первую очередь это связано с тем, что он охватывает большую часть районов города, а также имеет связь с другими видами транспорта. Уникальность этой системы заключается в связности с общественным транспортом, а также повышенным комфортом. Современный подвижной состав екатеринбургского трамвая очень удобен для маломобильных групп населения, а также, в нем применены самые современные технологии, используются новые информационные системы обслуживания сети.

Исходя из анализа, были определены следующие критерии развития моделей систем электротранспорта (табл.):

1. Интегрированность в городскую транспортную систему города (для функционирования электротранспортных систем необходима связь с другими видами общественного и личного транспорта).

2. Техническая современная оснащенность (современные системы электротранспорта должны быть оборудованы датчиками и специальными устройствами, с помощью которых возможно осуществлять мониторинг технического состояния системы, а также, анализ использования то или иной сети. В анализе качества электротранспортной системы помогают большие открытые данные, которые могут быть получены с мобильных устройств пассажиров).

3. Удобство для всех групп населения города (электротранспорт отличается высоким качеством и комфортом перевозок пассажиров, включая маломобильные группы населения).

4. Территориальная доступность.

Таблица

Сравнительный анализ электротранспортных систем

№ п/п	Город	Виды электрического транспорта	Протяженность сети			Количество маршрутов			Количество подвижного состава автобусов/троллейбусов	Количество подвижного состава трамваев
			Автобус	Троллейбус	Трамвай	Автобус	Троллейбус	Трамвай		
1	Сингл	Интегрированная система Trolley bus (автобус – троллейбус), трамвай, LRT, метро, городская ж/д		109 км	6,1 км		15	2	174	6
2	Стокгольм	Интегрированная система трамвая, автобуса и LRT, городская ж/д	109,5 км	3 км	36,6 км	450	1	4	220	60
4	Мельбурн	Интегрированная система трамвая, автобуса и LRT, городская ж/д		-	250 км	350	-	28		493
5	Екатеринбург	Трамвай, троллейбус, ж/д, метро	160 км	79,9 км	183,2 км	87	19	31	169/ 250	459
6	Красноярск	Не интегрированная система – троллейбус, трамвай, городская ж/д, автобус		25,6 км			6	4	20/ троллейбус	42

Электротранспортная система Красноярска

Доля электротранспорта в Красноярске составляет всего 20 %. В Красноярске линейно-узловая система сформирована железной дорогой, остановками и магистралями. В городе на данный момент существует три вида общественного электротранспорта – внутригородской железнодорожный транспорт (проект городская электричка), трамвай и троллейбус. Рассмотрим более подробно каждый вид электротранспорта:

1. Внутригородской Железнодорожный транспорт

Со временем, железнодорожная линия трансформировалась в структурно-планировочное кольцо, вокруг которого интенсивно формировалась новая городская застройка. Внутригородское железнодорожное движение функционирует с 2008 года.

Территориально, железнодорожное кольцо соединяет большинство городских территорий, и, частично, пригородные территории.

На данный момент, внутригородской железнодорожный транспорт функционирует фрагментарно, курсируют всего 3 маршрута, которые не охватывают всей территории города. Хотя система внутригородского железнодорожного транспорта и не оправдала себя из-за отсутствия организованных остановочных пунктов, а также отсутствия связи с другими видами общественного транспорта, но, тем не менее, пользуется она спросом. В период с 2012 года по 2015 год внутригородской пассажиропоток увеличился на 37,6 %. К недостаткам этого вида электротранспорта относятся: несогласованность в расписании, неорганизованная связь с другими видами транспорта, неразвитость или отсутствие транспортно-пересадочных узлов (ТПУ).

Данный вид транспорта имеет большой потенциал для развития. Внутригородской железнодорожный транспорт является альтернативой метро. В связи с тем, что этот вид транспорта охватывает большинство городских районов, он позволяет передвигаться из одного района города в другой за максимально короткое время. На сегодня, существует проект «Круговая городская электричка», который предполагает организованное движение по железнодорожному кольцу с транспортно-пересадочными узлами, а также закупку нового современного подвижного состава.

2. Трамвай

Движение красноярского трамвая проходит по выделенной линии. Протяженность сети трамвайной линии составляет 25,6 км, количество подвижного состава – 42 единицы. В настоящее время в Красноярске действует всего 4 трамвайных маршрута. Маршрутная сеть электротранспорта также не развивается. Все маршруты курсируют только на правом берегу города, отсутствует связь с левобережной частью. К недостаткам этого вида транспорта относятся: ухудшение физического состояния существующего парка и электротранспортных сетей, деградация инфраструктуры, сокращение маршрутов. Также наблюдается неочевидность данного вида транспорта властями.

Но, по сравнению с предыдущим видом транспорта, трамвай частично интегрирован в общую систему транспорта города. Он имеет связь с автобусными маршрутами, остановки располагаются параллельно, радиус пешеходной доступности не превышает 300-400 метров. В последнее время наблюдается улучшение инфраструктуры – замена на бесшумные технологии прокладки рельсов, а также закупка нового современного подвижного состава. В транспортной схеме генерального плана Красноярска существует проект развития трамвайной сети, в котором предполагается связь с левобережной частью города.

3. Троллейбус

Протяжённость сети троллейбуса – 133,9 км. По состоянию на июль 2017 года, в городе на линии выходят 66 троллейбусов, которые обслуживают 6 маршрутов. Троллейбусные маршруты соединяют большее число территорий города, по сравнению с трамвайными маршрутами. Троллейбусы курсируют на левом берегу и соединяют центр города с Октябрьским, Северным и Железнодорожным районами. Как и трамвай, троллейбус имеет связь с автобусным движением. К недостаткам этого вида транспорта относятся: физический износ существующего парка, деградация инфраструктуры, сокращение маршрутов, а также ментальное непонимание и профессиональное заблуждение о неэффективности данного вида транспорта.

Стоит отметить, что в Красноярске существует проект развития скоростных маршрутов электробусов. Предполагается, что данные маршруты свяжут все виды электротранспорта между собой.

Основная проблема электротранспортной системы в Красноярске – отсутствие связи с системой общественного транспорта города, а также деградация инфраструктуры (рис. 3). Данная система не интегрирована в транспортную сеть города. Поэтому, для совершенствования электротранспортной сети Красноярска необходима модель развития электротранспорта, с помощью которой возможно планирование интеграции сети.

Она состоит из следующих пространственных слоев:

1. Слой транспортной инфраструктуры.

Этот слой включает в себя следующие подслои: городской общественный транспорт (маршруты автобусов), ТПУ, электротранспортные сети (трамвай, троллейбус, городская железнодорожная сеть), остановки каждого вида общественного транспорта, радиусы обслуживания той или иной маршрутной сети.

2. Слой инженерной инфраструктуры электротранспорта.

Слой инфраструктуры включает в себя обособленные электротранспортные сети, пункты подзарядки, депо, а также их радиусы обслуживания.

3. Слой естественных барьеров и рельефа города.

Естественные преграды и барьеры влияют на транспортную доступность городских районов, поэтому они должны учитываться при планировании новой сети или реконструкции существующих сетей.

4. Слой сопутствующей застройки.

Данный слой влияет на охват обслуживания вдоль электротранспортных линий. Количество посадочных мест для пассажиров может быть проанализировано в соотношении плотности использования окружающих районов. Протяженность линий электротранспорта зависит от размеров городских районов.

5. Слой функционального наполнения.

Чтобы создать оптимальный уровень интеграции, важно обеспечить функциональным наполнением более плотные районы, через которые проходят не моторизованные транспортные средства. Распределение функций влияет на формирование электротранспортных сетей.

Каждый слой является зависимым. В этой модели возможно моделирование, меняя внутренние параметры пространственных слоев. Исходя из этого, мы получим разные сценарии развития электротранспортной системы города. Основной функционал – расчет и анализ для транспортного планирования города.

Принципы модели развития электротранспорта

Исходя из проведенного анализа и построения модели на основе пространственных слоев, были сформулированы следующие принципы развития модели электротранспорта Красноярска:

1. Принцип интегрированности (мульти модальности).

Мультимодальность – коммуникация с точки зрения пространственных и визуальных ресурсов, которые используются для построения модели. Этот принцип подразумевает взаимодействие всех видов городского транспорта. Для этого необходимы транспортно-пересадочные узлы, с помощью которых происходит интеграция общественного электротранспорта [8]. Этот принцип обеспечивает связность городских районов.

2. Принцип согласованности.

Принцип касается согласованности интересов властей, разных организаций перевозчиков, а также пассажиров. Прежде всего, это относится к согласованности в расписании маршрутной сети.

3. Принцип иерархичности.

Для эффективности работы электротранспортной системы и наиболее рационального распоряжения маршрутной сетью целесообразно максимально использовать уже существующую транспортную инфраструктуру. И, в особенности, инфраструктуру рельсового транспорта, обладающего максимальной провозной способностью и наибольшим потенциалом для развития. В связи с этим предлагается заложить принципы, в основе которых будет лежать приоритет рельсового транспорта, как транспортного каркаса в городе. Целесообразно выделять отдельные полосы движения для электротранспорта.

4. Принцип последовательности.

Этот принцип подразумевает постепенное развитие электротранспортных систем.

5. Принцип эффективности.

Выбранный вид электротранспорта должен отвечать критериям эффективности, как с технической точки зрения, так и с градостроительной. Также, внедряемая или реконструируемая маршрутная сеть должна быть эффективна с точки зрения пассажира.

6. Принцип мобильности.

Интегрированная система электротранспорта должна обладать большой степенью мобильности. Основная задача – обеспечение большей части населения города транспортными услугами, включая маломобильные группы населения [9,10].

Заключение

Исходя из принципов организации модели развития электротранспорта Красноярска, могут быть получены рекомендации по проектированию и реконструкции электротранспортных систем. Эти рекомендации могут быть направлены на устойчивое развитие всей транспортной системы города.

С помощью принципов развития универсальной модели электротранспорта, можно улучшить функционирование городской системы транспорта. В первую очередь, электротранспорт улучшает экологическую составляющую города, что является наиболее актуальным для Красноярска. Качественный транспорт связывает все структуры города, что позволяет беспрепятственно перемещаться пассажирам.

Также, электротранспорт является самым оптимальным видом транспортной системы города, потому что имеет низкую себестоимость и формирует рынок труда. Города с неэффективным транспортом теряют население, которое устало от заторов, загрязнения воздуха, отсутствия четких гарантий в сфере транспорта. Следующим этапом развития модели является расчет рентабельности того или иного вида электротранспорта.

С развитием электротранспорта увеличивается транспортная доступность городских районов [10]. На пересечениях электротранспорта с другими видами транспорта формируются узлы разных значений в зависимости от обслуживаемых территорий. Визуализация интегрированной системы помогает оценить комплексную работу электротранспорта в транспортной инфраструктуре города.

Список библиографических ссылок

1. Постников В. П., Дорошенко Р. О. Обоснование необходимости развития пассажирского электротранспорта в крупном городе с точки зрения экологической эффективности // Экология и промышленность России. 2014. № 20. С. 2–6.
2. Антонов Д. В. Основные принципы развития транспортных систем городов // Вестник АГТА. 2014. № 8. С. 149–156.
3. Philipp Rode, Graham Floater, Nikolas Thomopoulos, James Docherty, Peter Schwinger, Anjali Mahendra, Wanli Fang. Accessibility in cities : Transport and urban form // The New climate economy. 2014. Paper 03. P. 1–40.
4. Радионова Е. Ю. Анализ опыта высокоскоростного железнодорожного транспорта: перспективы развития в России // Архитектура, градостроительство и дизайн. 2016. № 10. С. 8–13.
5. Отчет об исследовании King County Trolley Bus Evaluation // Seattle right-of-way improvements manual. 2016. URL: <http://metro.kingcounty.gov/up/projects/trolleyevaluation.html> (дата обращения: 02.01.2019).
6. Песляк О. А. Градостроительное планирование развития городских агломераций в скандинавских странах (на примере Хельсинки и Стокгольма) // Перспективы науки. 2017. № 8 (95). С. 28–35.
7. Дудаков Д. С. Проблемы транспортного планирования в условиях развития современного градостроительства // МАРХИ. Architecture and modern information technologies. 2016. № 37. С. 205–217.
8. Власов Д. Н. , Леоненко С. М., Широкая Н. В. Развитие интермодальных пересадочных узлов в городах Российской Федерации // Academia. Архитектура и строительство России. 2016. №. 3. С. 1–10.

9. Ключин В. В., Баулина О. А. Пути развития «умной транспортной мобильности» в рамках формирования концепции умного города (на примере г. Волгоград) // Науковедение. 2016. № 2. С. 310–316.
10. Cervero R., Dalkmann H., King H. R. Planning and design for sustainable urban mobility: policy directions global report on human settlements // United Nations Human Settlements Programme. New York : Routledge. 2013. P. 68.

Kilina Ekaterina Fedorovna

urban planner

E-mail: Kilina_katerina95@mail.ru**LTD «Project Development»**

The organization address: 660001, Russia, Krasnoyarsk, Lado Ketskhoveri st., 22a, of. 13-05

Kukina Irina Valerievna

candidate of architecture, associate professor

E-mail: ikukina@inbox.ru**Lipovka Alexey Iurievich**

candidate of technical sciences

E-mail: alex.lipovka@gmail.com**Siberian Federal University**

The organization address: 420043, Russia, Krasnoyarsk, Svobodny st., 82a

**Principles for creating a model for the development of an electric transport system
in an urban environment (on the example of the city of Krasnoyarsk)****Abstract**

Problem statement. The purpose of the study is to study and analyze the development of electric transport in an urban environment, as well as to identify the principles for creating a model for the development of electric transport, using the example of Krasnoyarsk. The model of development of electric transport is a universal tool that makes it possible to make forecasts at the planning or reconstruction stage of the city's transport network, as well as to monitor its work in the city's system.

Results. The main results of the research are to identify the principles for creating a model for the development of a public electric transport system in an urban environment based on open data.

Conclusions. The significance of the results obtained for the urban planning industry lies in the fact that on the basis of the developed principles, an integrated model of the development of electric transport is being formed. In the developed model, taking into account all factors in the planning of an integrated electric transport system, it is possible to increase the efficiency and attractiveness of the public transport network, as well as to reduce the car load.

Keywords: electric transport system, development model, urban environment.

References

1. Postnikov V. P., Doroshenko R. O. Justification of the need to develop passenger electric transport in a large city in terms of environmental efficiency // *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2014. № 20. P. 2–6.
2. Antonov D. V. Basic Principles of Urban Transport Systems Development // *Vestnik AGTA*. 2014. № 8. P. 149–156.
3. Philipp Rode, Graham Floater, Nikolas Thomopoulos, James Docherty, Peter Schwinger, Anjali Mahendra, Wanli Fang. Accessibility in cities: Transport and urban form // *The New climate economy*. 2014. Paper 03. P. 1–40.
4. Radionova E. Yu. Analysis of the experience of high-speed rail transport: development prospects in Russia // *Arkhitektura, gradostroitel'stvo i dizayn*. 2016. № 10. P. 8–13.

5. Study Report King County Trolley Bus Evaluation // Seattle right-of-way improvements manual. 2016. URL: <http://metro.kingcounty.gov/up/projects/trolleyevaluation.html> (reference date: 02.01.2019).
6. Peslyak O. A. Town planning for the development of urban agglomerations in the Scandinavian countries (for example, Helsinki and Stockholm) // Perspektivy nauki. 2017. № 8 (95). P. 28–35.
7. Dudakov D. S. Problems of transport planning in the conditions of development of modern town planning // MARCHI. Architecture and modern information technologies. 2016. № 37. P. 205–217.
8. Vlasov D. N., Leonenko S. M., Shirokaya N. V. Development of intermodal transfer hubs in cities of the Russian Federation // Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo Rossii. 2016. № 3. P. 1–10.
9. Klyushin V. V., Baulina O. A. Ways of development of «smart transport mobility» within the framework of forming the concept of a smart city (on the example of Volgograd) // Naukovedenie. 2016. № 2. P. 310–316.
10. Cervero R., Dalkmann H., King H. R. Planning and design for sustainable urban mobility: policy directions global report on human settlements // United Nations Human Settlements Programme. New York : Routledge. 2013. P. 68.