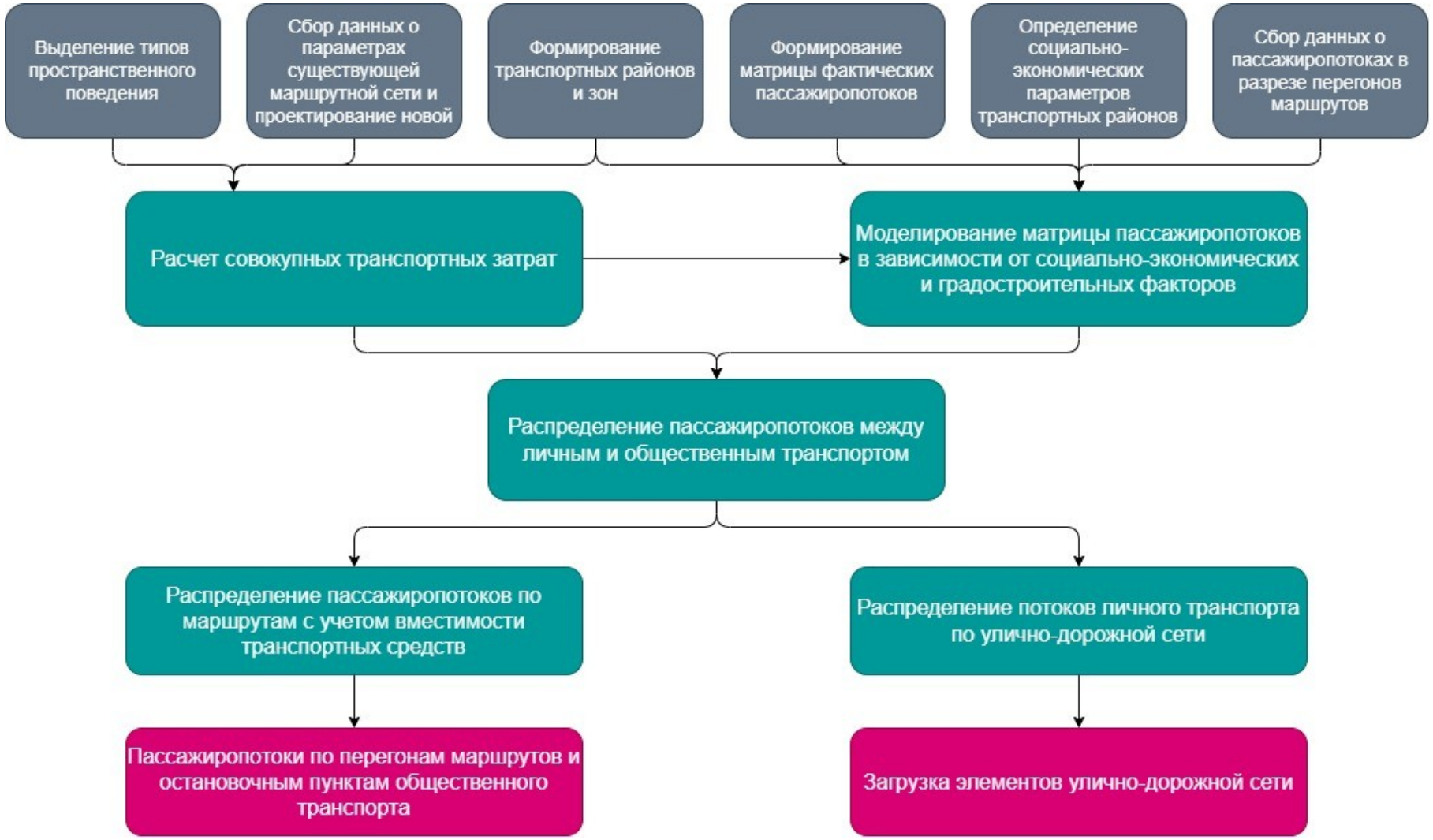
ЦЭИ Проявлять Менять Воплощать

Моделирования и прогнозирование пассажиропотоков на общественном транспорте в городских агломерациях

Никита Макуцкий

Общая схема моделирования и прогнозирования пассажиропотоков



Big data: фактические пассажиропотоки и скорости

Фактическая скорость движения по участкам улично-дорожной сети – данные Яндекса

Источники данных

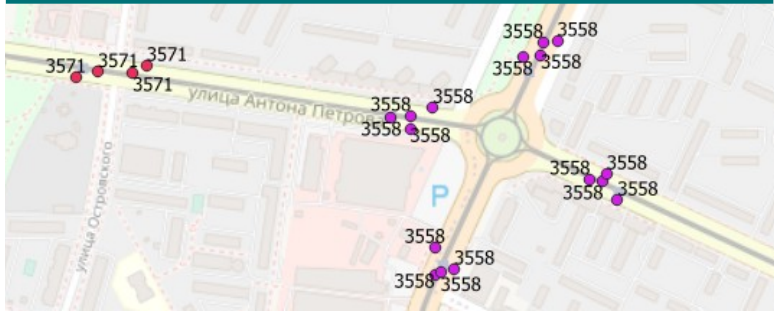
- Передвижения абонентов сотовой связи между ячейками от 0,4 га по получасовым интервалам
- Транзакции по оплате проезда транспортными и банковскими картами
- Видеоаналитика: обследование наполнения транспортных средств
- Навигационные данные транспортных средств

Варианты комбинирования источников

- Максимальная точность для всех видов транспорта, возможность кросс-валидации данных
- Высокая точность для общественного транспорта, дооценка потоков на личном транспорте по прочим источникам данных
- Данные видеоаналитики используются для оценки доли отправлений и прибытий на общественном транспорте для каждого района

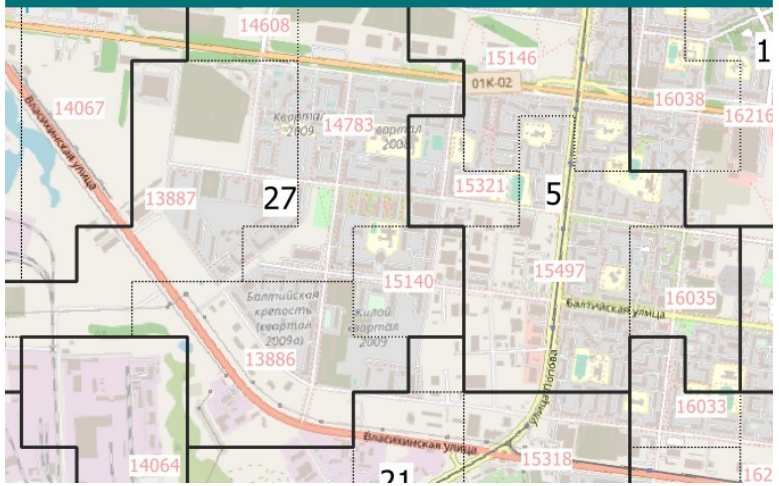
Двухуровневое транспортное районирование

Пункты посадки/высадки



- **Пункт посадки/высадки –** группа близко расположенных остановок, которые одинаково удобны для пассажира с точки зрения пешеходной доступности. Пассажир может выбирать остановку в зависимости от того, в каком направлении и на каком маршруте общественного транспорта он отправляется или откуда прибывает.

Транспортные зоны и районы

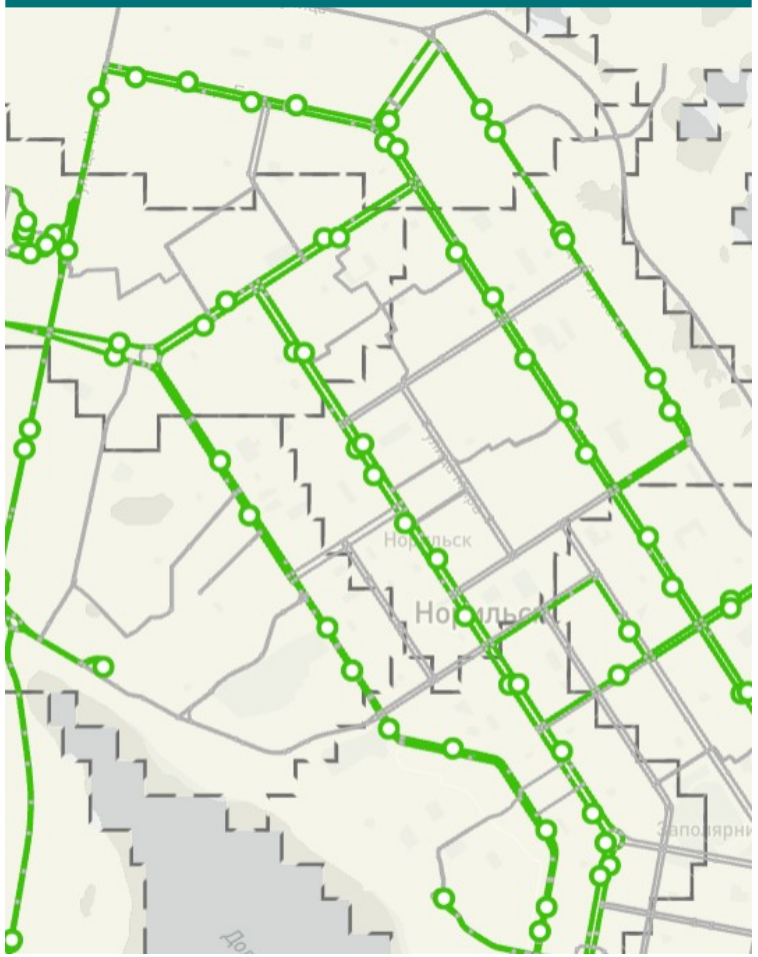


- **Транспортная зона** – мелкая территориальная ячейка в модели, зона обслуживания одного пункта посадки/высадки. Используются при расчете совокупных транспортных затрат и при распределении по маршрутам. Площадь около 0,25 кв. км.

- **Транспортный район** – крупная территориальная ячейка в модели. Состоит из транспортных зон, группируемых вокруг пункта посадки/высадки с максимальной частотой движения общественного транспорта. Полностью состоит из транспортных зон. Используется для построения гравитационной модели. Площадь около 1 кв. км.

Редактирование транспортных параметров

Транспортный граф и маршрутная сеть



При расчете совокупных транспортных затрат на передвижения между транспортными зонами в модели используется транспортный граф и информация о маршрутной сети общественного транспорта.

- **Транспортный граф** содержит информацию о геометрии элементов улично-дорожной сети и инфраструктуре общественного транспорта, параметрах организации движения на улично-дорожной сети. Фактическая скорость движения по каждому ребру графа определяется по данным Яндекса. Геометрия и названия **остановочных пунктов** сохраняется в отдельном файле.

- Информация о **маршрутной сети** хранится в виде таблицы, где для каждого направления маршрута указываются последовательности обслуживаемых остановочных пунктов и ребер графа, по которым оно проходит, и, а также интервал движения для каждого временного промежутка, количество транспортных средств по классам.

- Редактирование остановочных пунктов, геометрии и параметров маршрутной сети доступно в интерфейсе модуля TMF Агломерация.

Моделирование матрицы корреспонденций по типам пространственного поведения

Возможность учитывать транспортные последствия строительства и редевелопмента

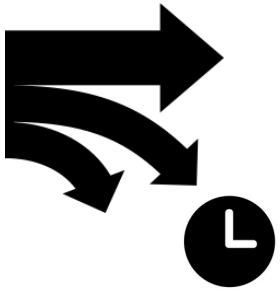
Агломерация делится на транспортные районы и зоны, которым присваиваются социально-экономические параметры в разрезе лет и сценариев, **как и в классических 4-стадийных моделях**

Индивидуальный набор факторов для каждого города

По результатам социологического опроса выделяются различные **типы пространственного поведения** населения города, **как и в агентном моделировании**

Охват в сотни раз выше чем у социологического опроса и ручных обследований

Фактические пассажиропотоки с детализацией до получаса оцениваются с применением **больших данных** и **видеоаналитики**.



Возможность прогнозировать потоки при изменении структуры экономики, распространении «удаленки», развитии электронной торговли и др.

Матрица корреспонденций формируется с помощью нескольких гравитационных моделей:
Для каждого типа пространственного поведения
Для каждого временного интервала

Распределение пассажиропотоков между видами транспорта

- При моделировании матрицы пассажиропотоков рассчитывается суммарный модельный пассажиропоток в разрезе типов пространственного поведения.

- Для каждого типа пространственного поведения известна структура в разрезе **категорий пассажиров** (владеющие и не владеющие личным автомобилем).

- Распределение пассажиропотоков между личным и общественным транспортом осуществляется на основе следующих предпосылок:
  - **пассажиры категорий, не владеющих личным автомобилем**, совершают поездки на общественном транспорте;
  - **пассажиры категорий, владеющих личным автомобилем, выбирают между личным и общественным транспортом** исходя из соотношения величин совокупных транспортных затрат на конкретной корреспонденции при передвижении на личном и общественном транспорте.

Распределение пассажиропотоков по маршрутам

Поиск путей движения

- Для каждой пары транспортных зон строится несколько путей движения между ними. Пути движения включают в себя участки пешеходного движения и участки движения по отдельным сегментам маршрутов общественного транспорта

Распределение пассажиропотока между путями движения

- Пассажиропоток между зоной отправления и зоной назначения распределяется между путями движения исходя из соотношения совокупных транспортных затрат, при этом соответствующее значение пассажиропотока присваивается каждому сегменту пути

Агрегирование суммарного пассажиропотока для каждого перегона каждого маршрута общественного транспорта

- После того, как распределены пассажиропотоки между всеми зонами, для каждого перегона каждого маршрута выполняется суммирование пассажиропотоков всех сегментов всех путей, в которые он входит

ЦЭИ Проявлять Менять Воплощать

Рекомендации по формированию системы стандартов транспортного обслуживания населения применительно к интеграции железнодорожного сообщения и городских транспортных систем

Критерии транспортного обслуживания на местном уровне

	Критерии транспортного обслуживания	Показатели критериев
Доступность	1. Территориальная доступность остановочных пунктов ПТОП 2. Временная доступность терминалов внешнего транспорта 3. Ценовая доступность пассажирских перевозок на муниципальных маршрутах 4. Доступность остановочных пунктов ПТОП для потребностей маломобильных категорий граждан 5. Доступность подвижного состава муниципальных маршрутов для потребностей маломобильных категорий граждан	1. Расстояние от различных типов объектов до остановочных пунктов (м) **2. Время в пути из любой точки города до терминалов внешнего транспорта (мин.)** **3. Расходы на транспорт как доля от доходов (%)** **4-5. Доля остановочных пунктов / транспортных средств с исправным оборудованием для маломобильных категорий граждан (%)**
Регулярность, пунктуальность	1. Средняя скорость сообщения по маршрутной сети муниципальных маршрутов 2. Пунктуальность транспортного обслуживания на муниципальных маршрутах 3. Частота обслуживания остановочных пунктов 4. Частота движения на муниципальных маршрутах в зависимости от типа маршрута 5. Частота движения подвижного состава на муниципальных маршрутах, оборудованного средствами для обеспечения потребностей маломобильных граждан 6. Длительность поездки в пределах адм. центра муниципального образования	1. Скорость поездки по маршрутной сети города (км / ч.) 2. Допустимое время задержки транспорта (мин.) 3. Кол-во рейсов в час / сутки / неделю, следующих через ост. пункт (ед.) **4. Интервалы движения по типам маршрутов (мин.)** 5. Время ожидания транспортного средства, оборудованного для маломобильных (мин.) **6. Время на совершение поездки в границах города (мин.)**
Комфорт и экологичность	1. Соблюдение норм вместимости подвижного состава на муниципальных маршрутах 2. Комфорт подвижного состава, используемого на муниципальных маршрутах 3. Качество информационного обслуживания и комфорт ожидания транспорта на остановочных пунктов ПТОП 4. Качество информационного обслуживания и комфорт ожидания транспорта на терминалах внешнего транспорта 5. Наличие единой системы мониторинга движения ПТОП в качестве мобильного сервиса для пассажиров	**1. Наполненность свободной площади салона транспортного средства (чел. / кв.м)** **2. Доля транспортных средств с наличием исправного оборудования для обеспечения комфортной среды (%)** 3-4. Доля ост. пунктов / терминалов внешнего транспорта с наличием исправного оборудования для обеспечения комфортной среды (%) 5. Наличие и корректность работы сервиса для пассажиров, используемого для получения информации о работе транспорта (ед.)
	1. Экологическая нагрузка от транспорта на муниципальных маршрутах	1. Выброс загрязняющих веществ в атмосферу (г / км)

Стандарты организации внутригородского железнодорожного сообщения

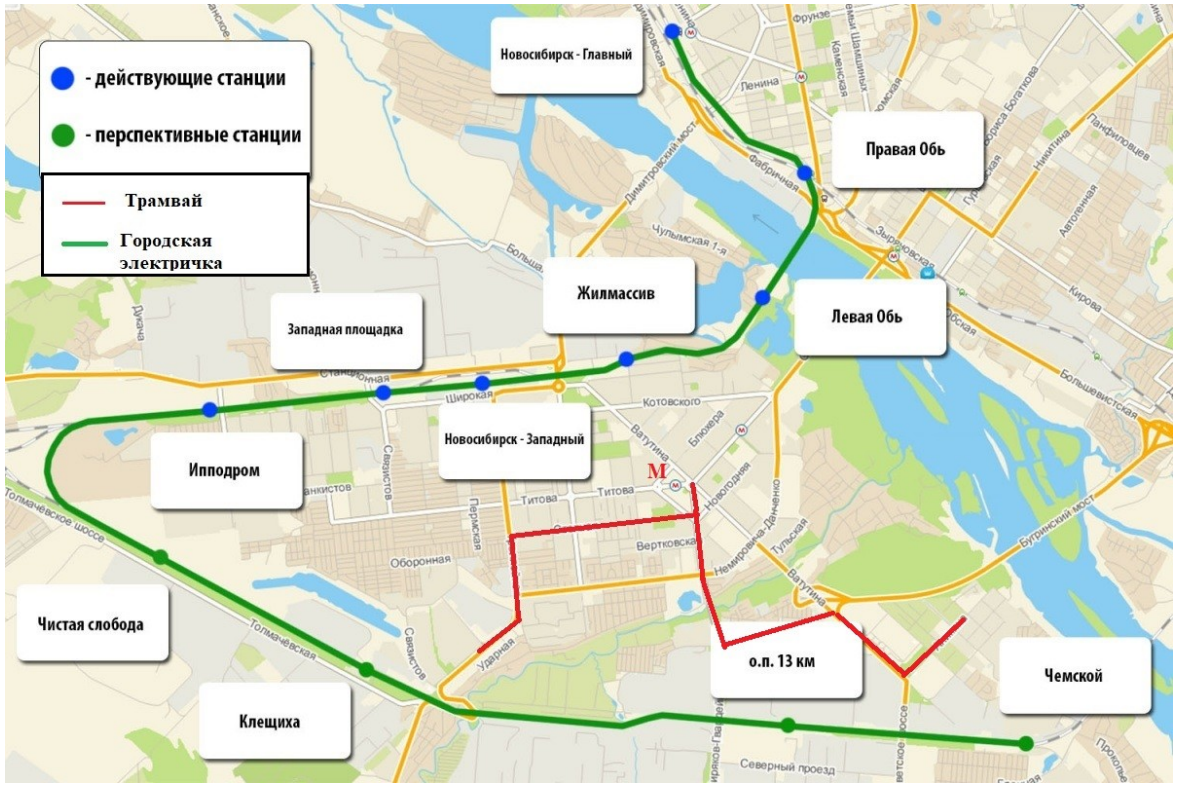
1. Выбор варианта транспортного обслуживания территории

Городская электричка признается **оптимальным** вариантом транспортного обслуживания района, если:

1) **время**, затрачиваемое на поездку из центра данного района до центра города при использовании городской электрички **на 20% меньше**, чем при использовании любого альтернативного общественного транспорта (без учета времени ожидания)

2) Прогнозируемый пассажиропоток на общественном транспорте по маршруту не менее **1000 пасс./час**.

Южная часть маршрута Новосибирской городской электрички окажется неконкурентоспособной на фоне трамвая и автобусного сообщения:



Стандарты организации внутригородского железнодорожного сообщения

1. Частота сообщения по внутригородскому маршруту

1) Интервалы движения городской электрички должны быть **стандартизированы** и составлять **не более 20 минут** в час-пик.

Интеграция внутригородского и пригородного сообщения в единый сервис позволяет повысить эффективность каждого из них и достичь целевых показателей доступности в городе

Пример влияния стандартизации интервалов на спрос:

Волгоград – Красноармейский район (160 тыс. жителей) **17 пар** поездов **0,3 млн пасс.** в 2019 г.

6306 Южная — Тракторная-Пасс. ВолгоградТрансПригород	06:46	55 минут	07:41
	кроме: Лесобаза, Завод имени Кирова, Волгогрэс, Горная Поляна		
6326 Шпалопропитка — Тракторная-Пасс. ВолгоградТрансПригород	07:20	1 ч 3 мин	08:23
	везде		
6310 Южная — Тракторная-Пасс. ВолгоградТрансПригород	08:34	1 час	09:34
	везде		
6742/6741 Шпалопропитка — аэропорт Гумрак ВолгоградТрансПригород	09:11	50 минут	10:01
	Заканальная, Красноармейская, Судоверфь, Сарепта, Бекетовская, Им. Руднева, Акварель, Ельшанка, Волгоград-2, Волгоград-1		
6312 Шпалопропитка — Тракторная-Пасс. ВолгоградТрансПригород	10:00	1 ч 2 мин	11:02
	везде		

Новосибирск – Академгородок (140 тыс. жителей) **21 пара** поездов **0,5 млн пасс.** в 2019 г.

6634 Черепаново — Новосибирск-главный Экспресс-пригород	06:43 МСК 02:43	43 минуты	07:26 МСК 03:26
	кроме: Нижняя Ельцовка, Юность, Речпорт, Звёздная, Инструментальны		
6604 Бердск — Новосибирск-главный Экспресс-пригород	07:07 МСК 03:07	46 минут	07:53 МСК 03:53
	везде		
6640 Бердск — Новосибирск-главный Экспресс-пригород	07:27 МСК 03:27	35 минут	08:02 МСК 04:02
	Матвеевка, Сибирская, Иня-южная (рзд.Иня), Речной Вокзал, Центр, Новосибирск-главный		
6638 Ложок — Новосибирск-главный Экспресс-пригород	07:44 МСК 03:44	37 минут	08:21 МСК 04:21
	Матвеевка, Сибирская, Камышенская, Речной Вокзал, Центр, Новосибир главный		
6628 Черепаново — Новосибирск-главный Экспресс-пригород	08:02 МСК 04:02	48 минут	08:50 МСК 04:50
	везде		
6642 Бердск — Новосибирск-главный Экспресс-пригород	08:34 МСК 04:34	35 минут	09:09 МСК 05:09
	Матвеевка, Сибирская, Речной Вокзал, Центр, Новосибирск-главный		

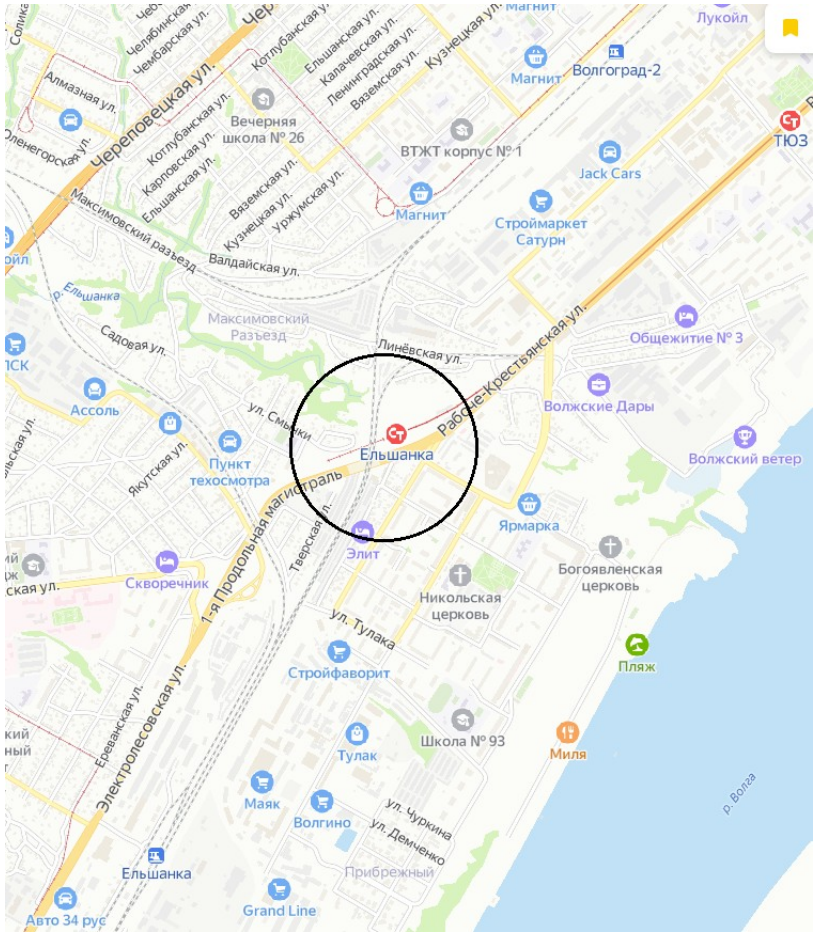
Стандарты организации внутригородского железнодорожного сообщения

3. Интеграция с другими видами транспорта

Интеграция городской электрички с другими видами транспорта должна в себя включать:

1) Наличие обустроенных **пересадок** на другие магистральные виды транспорта (метро, скоростной трамвай, ЛТР, пригородные поезда, опорные автодороги) при пересечении их маршрутов. Время на пересадку не должно превышать **10 минут**
2) Наличие остановочных пунктов городского наземного транспорта на расстоянии не более 200 м от остановочного пункта городской электрички
3) Наличие системы единой оплаты проезда (транспортная или карта), предусматривающая скидку на полную стоимость поездки по городу при совершении пересадки.

Пример необходимости сооружения о.п. городской электрички в Волгограде для пересадки на скоростной трамвай :



Стандарты организации внутригородского железнодорожного сообщения

3. Комфортность и доступность

Городская электричка должна отвечать следующим требованиям в данной области:

1) Фактическая **плотность** пассажиров в салоне не должна превышать **3 человека** на квадратный метр
2) Подвижной состав и остановочные пункты должен быть оснащены исправными средствами информирования, содержащими информацию о расписании, остановочных пунктах и возможности пересадки
3) Доступность подвижного состава и остановочных пунктов для маломобильных групп граждан
4) Адаптация подвижного состава к интенсивному процессу посадки-высадки пассажиров на всем протяжении маршрута (компоновка без тамбуров, равномерное распределение выходов по длине вагона, наличие зон для размещения велосипедов и детских колясок, не мешающих входу-выходу пассажиров)

Ласточка ЭС2Г на маршруте МЦК