

ОКИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ КАНАТНЫХ ДОРОГ Г. КАЗАНЬ

Т.В. Девятков, Ф.В.Исаев, Ю.Г. Исаева, М.Т.Махмутов
(Казань)

В 2015 году в план постройки в Республике Татарстан был включен проект канатной дороги, соединяющий Казань и новый город Иннополис, который возводится в Верхне-Услонском районе и входит в агломерацию Казани.



Рис.1. Расположение г. Иннополис относительно г. Казань.

На приведенном выше рисунке показаны пути доступа к Иннополису из Казани, например, когда гость прилетает самолетом. Затем он садится на аэроэкспресс, доезжает до центрального железнодорожного вокзала. От железнодорожного вокзала шаттлом выезжает дальше, через трассу М7. Расстояние в 40 километров преодолевается быстро, но в часы, когда основная масса людей выезжает из города и въезжает в него, Горьковское шоссе (дорога, которая ведет из города в сторону Москвы) сильно перегружено, и уложиться в указанное время очень проблематично.

В связи с чем, и возникла идея постройки канатной дороги, связывающей железнодорожный вокзал с г. Иннополис. Вся работа разбивается на две очереди строительства: от вокзала до поселка Верхний Услон и от поселка до Иннополиса.

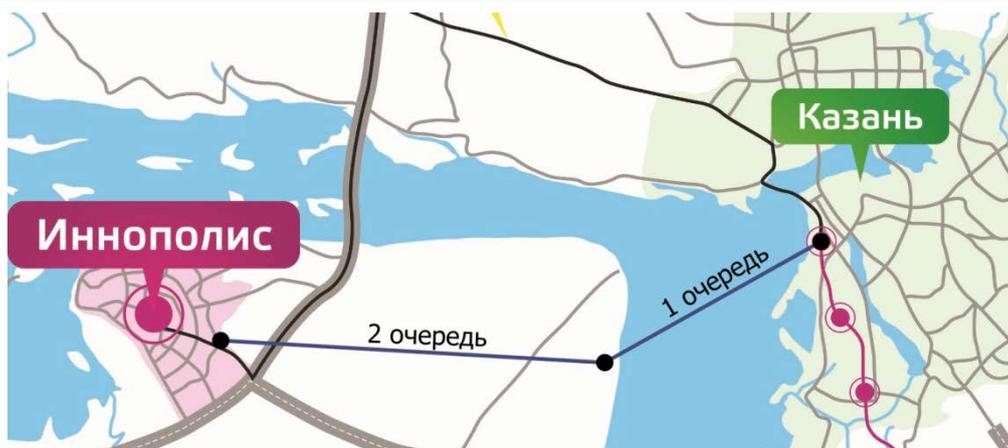


Рис. 2. Очередность строительства и расположение станций канатной дороги.

Фирмой подрядчиком были указаны следующие параметры канатной дороги:

- абсолютная пропускная способность – 1200 чел./час;
- время работы дороги в сутки (14 до 24 часов);
- среднее время проезда в одну сторону – 24 мин. (в данном случае модель учитывает проезд до поселка Верхний Услон);
- стоимость проезда от 100 до 150 руб.

Для оценки сроков окупаемости проекта, расчета реальной загрузки дороги, построения оптимального расписания работы дороги, а также получения других эксплуатационных и стоимостных оценок было проведено всестороннее исследование.

Вся работа разделена на несколько этапов:

Детальная оценка потенциальных потоков.

Интенсивность потоков пассажиров различных категорий различна. Таких категорий выделено несколько:

- жители правого берега Волги и соседних регионов, регулярно выезжающие в Казань на работу;
- жители правого берега Волги и соседних регионов, разово посещающие Казань по другим причинам;
- транзитные пассажиры, использующие дорогу, как промежуточное транспортное средство при своих поездках (в обоих направлениях);
- поездка в Иннополис (работа, учёба, командировка, отдых) с возвратом в Казань;
- поездка в Казань (работа, командировка, отдых) с возвратом в Иннополис;
- поток жителей Казани имеющих сады и дачи (или отправляющихся на отдых);
- туристический поток на объекты, расположенные в этом районе;
- туристический поток с целью поездки над акваторией Волги (туда и обратно).

Предварительная окупаемость проекта, приведенная в таблице 1, подсчитывалась исходя из коэффициента загрузки канатной дороги.

Таблица 1. Окупаемость проекта.

Сценарий развития	Коэффициент загрузки дороги	Время работы в течение дня (час)	Стоимость билета (руб.)	Количество пассажиров	Срок окупаемости (лет)
Пессимистичный	0,4	14	100	2 453 000	13,95
Базовый	0,6	18	100	4 730 400	6,27
Оптимистичный	0,8	18	150	6 307 200	2,86

Для оценки пассажиропотока использовались различные данные из открытых источников.

Таблица 2. Потенциальный пассажиропоток.

Группа потенциального пассажиропотока	Предварительная оценка Min – на начальном этапе (поездок)	Предварительная оценка Max – при устойчивом развитии (поездок)	Аналитические основания оценки
Жители правого берега Волги и соседних регионов, регулярно выезжающие в Казань на работу (туда и обратно)	$3\,000 \cdot 2 \cdot 250 = 1\,500\,000$	$5\,000 \cdot 2 \cdot 250 = 2\,500\,000$	Всего жителей РТ на правом берегу – 177 тыс. чел. По сведениям администраций, не менее 10 тыс. человек, ежедневно ездят в Казань. Учитываем в самом мин варианте 30% из них и получаем по 3 тыс. поездок в день в одну сторону. Считаем, что в году 250 рабочих дней. В максимальном варианте число таких людей дойдет до 50%
Жители правого берега Волги и соседних регионов, разово посещающие Казань по другим причинам (туда и обратно)	$250\,000 \cdot 5\% \cdot 4 \cdot 2 = 100\,000$	$250\,000 \cdot 10\% \cdot 4 \cdot 2 = 200\,000$	К 177 тысячам присоединяются другие районы РТ и часть жителей близлежащих районов Ульяновской области и Чувашии (минимально это 250 тыс. чел.). При допущении одного посещения (начальном этапе -5%, а при развитии - 10%) один раз в квартал Казани.
Транзитные пассажиры, использующие дорогу, как промежуточное транспортное средство при своих поездках (в обоих направлениях)	$100\,000 \cdot 2 = 200\,000$	$200\,000 \cdot 2 = 400\,000$	Имеется большой поток людей из других регионов, которые едут через Казань транзитом в другие регионы. Будем считать, что на начальном этапе захотят воспользоваться как элементом логистической цепи канатной дорогой - 100 000 чел. в год, в процессе развития до 200 тыс. чел. в год. Также будем считать их возврат тем же маршрутом.
Поездка в Иннополис (работа, учёба, командировка) с	$500 \cdot 250 \cdot 2 = 250\,000$	$5\,000 \cdot 250 \cdot 2 = 2\,500\,000$	На начальном этапе таких поездок будет мало – ориентировочно 500 чел. В процессе развития, число поездок возрастет до 5 000 чел.

возвратом в Казань каждый день			
Поездка в Казань (работа, учёба, командировка, отдых) с возвратом в Иннополис	$100 \cdot 100 \cdot 2 = 20\,000$	$5\,000 \cdot 100 \cdot 2 = 1\,000\,000$	Вероятней всего, это по выходным и праздникам (примерно 100 дней в году), в среднем, на начальном этапе 100 чел., в процессе развития - до 5 000 чел.
Поток жителей Казани, имеющих дачи, огороды или отправляющихся на отдых (туда и обратно)	$(150\,000 + 50\,000) \cdot 10\% \cdot 2 \cdot (100/2) = 2\,000\,000$	$(150\,000 + 50\,000) \cdot 20\% \cdot 2 \cdot (100/2) = 4\,000\,000$	В данной агломерации, дачников насчитывается примерно 150 000 и порядка 50 000 приезжающих на отдых. Будем считать одну поездку в выходные (в субботу туда, в воскресенье обратно) в течение 6 месяцев (с мая по сентябрь) для 10% из них на начальном этапе и 20% в процессе развития.
Туристический поток на объекты, расположенные в этом районе (туда и обратно)	$500\,000 \cdot 2 = 1\,000\,000$	$2\,000\,000 \cdot 2 = 4\,000\,000$	Посещение горнолыжной базы «Казань», Иннополис, Велопарк, остров-град Свияжск, Футуроскоп и др. На начальном этапе это 500 тыс. чел. в год. В процессе развития - до 2 млн. чел. в год.
Туристический поток с целью поездки над акваторией Волги (туда и обратно)	$100\,000 \cdot 2 = 200\,000$	$1\,000\,000 \cdot 2 = 2\,000\,000$	На начальном этапе это примерно 100 тыс. в год, при развитии до 1 млн. чел. в год.
ИТОГО	5 270 000	16 600 000	

Исходя из полученных данных, можем сделать вывод, что проект должен быть окупаемым, т.к. минимальный поток пассажиров даже больше базового, а со временем количество пассажиров будет только расти.

Разработка комплекса имитационных моделей.

Для решения ряда организационных вопросов, связанных с подвесной канатной дорогой (ПКД), была проведена разработка имитационной модели.

С формальной точки зрения, ПКД является классической системой массового обслуживания (СМО). В систему поступает случайный поток пассажиров различных типов, которые приобретают билеты, ждут своей очереди, перевозятся в кабинках, а затем покидают пределы системы.

Модель разрабатывалась на языке GPSS World, в среде разработки «Расширенный редактор GPSS World».

Обслуживающим аппаратом в данной модели является вагончик в ПКД, в который помещается до 10 человек. Время между отправлением вагончиков составляет

от 30 секунд до 1 минуты. На станции они проезжают в течении минуты, из них половина времени выделяется на выход пассажиров из вагона, и вторая половина - на вход. Оплата проезда взимается при входе на станцию. Таким образом, возникают две очереди: возле касс и на перроне. Но на кассах очередь никак не влияет на пропускную способность дороги. В модели учитывалось поведение пассажира: уход при слишком большой очереди.

Основная сложность формирования модели состояла в реальной функции поступления пассажиров в модель с учетом рабочих, праздничных, выходных дней. Период моделирования составлял год.



Рис. 3. Формы ввода нагрузки ПКД.

Также в модели можно указать повышение и понижение интенсивности нагрузки в зависимости от недели. Это необходимо, например, для некоторых потоков пассажиров, которые ездят на дачи.

По результатам работы модели строится анимация нагрузки ПКД, собираются динамические данные, которые позволяют оценить: длину очередей, среднее время ожидания, заполняемость дороги, количество обслуженных пассажиров, доход, количество отказавшихся пассажиров и т.д.

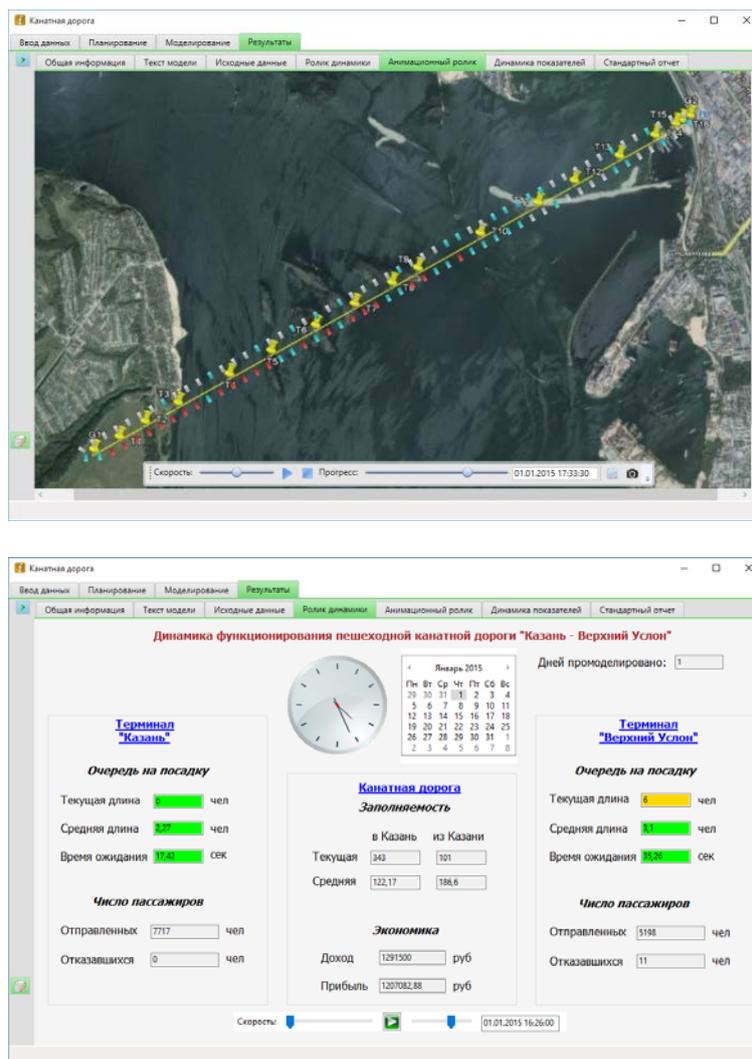


Рис. 4. Результирующие данные.

Экспериментальное исследование

Было проведено моделирование нескольких серий экспериментов (при различных нагрузках, от 2 500 000 пассажиров до 15 000 000 пассажиров; различных интервалов работы дороги, от 18 до 24 часов в день; интервалов движения вагонов; время прохождения вагона по станции и т.д.). Данный подход позволил примерно определить нагрузку ПКД.

Таблица 3. Сокращенные результаты экспериментирования

Сценарий развития	Время работы в течение дня (час)	Стоимость билета (руб.)	Количество пассажиров	Срок окупаемости (лет)
Пессимистичный	18	100	5 000 000	7,08
Базовый	18	100	10 000 000	3,54
Оптимистичный	18	100	15 000 000	2,36

Процент отказавшихся от поездки растет с увеличением нагрузки, но не превышает 15% от общего числа пассажиров изъявивших желание использовать ПКД.

Выводы.

На данное время завершено обследование системы, которое показало:

- Канатная дорога, с высокой степенью вероятности, будет загружена пассажирами. По оценкам, в первые годы работы в пределах 0,6-0,7. Достижение значения в 1 практически исключено из-за наличия периодов малой загрузки – раннее утро и ночь. За несколько лет, ПКД полностью исчерпает потенциал своей пропускной способности, вследствие этого, возникнут постоянные очереди и ситуации перегрузки в значительный период дня.
- С учетом прогноза загрузки, сроки окупаемости проекта находятся в пределах 2-3 лет.

Данное исследование позволило подрядной организации подтвердить перспективность проектируемой на тот момент ПКД. Уже заключен второй договор на проведение исследования другой ПКД, проектируемой в Казани, соединяющей спальный район и деловой центр города. Данная дорога позволит сократить время проезда и немного сократить нагрузку на дорожно-транспортную сеть города.

Литература.

1. Девятков В.В., Исаев Ф.В. Универсальный редактор форм для моделей на GPSS World // Имитационное моделирование. Теория и практика: Сборник докладов пятой юбилейной всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2011. Том 1. СПб.: ОАО «ЦТСС». 2011. – с.350-354.
2. Власов С.А., Девятков В.В., Назмеев М.М. Имитационная экспертиза: опыт применения и перспективы // Сборник докладов шестой всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2013). Том 1. // ISBN 978-5-9690-0221-0 // Издательство «ФЭН» Академии наук РТ, Казань, 2013, с. 54-63.
3. Власов С.А., Девятков В.В., Девятков Т.В. Концепции и методы разработки распределенных имитационных приложений с использованием GPSS World // Труды международной научно-технической конференции «Информационные технологии и математическое моделирование систем 2008-2009». М.: Радиотехника, 2009. – с. 19-26.