

УДК 51**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ
ПОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ
МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Васьковский И.А. студент гр. МСс–241, II курс

Семке Д.В. студент гр. МСс – 241, II курс

Научный руководитель: Подкур П. Н., к.ф.-м.н., доцент

Кузбасский государственный технический
университет имени Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

Современные города сталкиваются с возрастающей нагрузкой на транспортную сеть. Увеличение численности автомобилей, развитие пригородов и рост интенсивности трудовых потоков приводят к возникновению перегрузок транспортной инфраструктуры. Одним из ключевых элементов анализа транспортных систем является изучение работы перекрёстков — локальных узлов, где формируются задержки, пробки и снижение пропускной способности.

Для изучения процессов, происходящих на перекрёстках, широко применяется математический аппарат систем массового обслуживания (СМО). Его использование позволяет формализовать процесс поступления транспортного потока, его обслуживание на узле (например, при проезде через регулируемый перекрёсток) и оценить эффективность функционирования транспортного объекта.

Цель работы: оценить эффективность транспортных потоков на примере одного регулируемого перекрёстка города Кемерово с использованием методов систем массового обслуживания.

Задачи:

1. Собрать данные об интенсивности транспортных потоков на выбранном перекрёстке.
2. Определить параметры входящего потока и характеристик обслуживания.
3. Построить модель СМО для выбранного перекрёстка.

4. Проанализировать основные показатели эффективности: среднее время ожидания, средняя длина очереди, коэффициент загрузки.
5. Сформулировать выводы о пропускной способности и возможных узких местах перекрёстка.

Объект исследования:

Перекрёсток пр. Кузнецкий – пр. Советский, один из центральных и наиболее загруженных участков улично-дорожной сети г. Кемерово. На перекрёстке действует светофорное регулирование с фиксированным циклом.

Методика исследования:

Для оценки работы перекрёстка была использована классическая модель системы массового обслуживания (М/М/1), где:

- поток поступающих автомобилей моделируется пуассоновским процессом;
- время обслуживания (проезда через перекрёсток) распределено экспоненциально;
- обслуживание ведётся одним «обслуживающим устройством» (фазой светофора).

Исходные данные:

В ходе визуального наблюдения и анализа данных веб-камер получены следующие показатели:

- средняя интенсивность поступления $\lambda = 550$ авто/час;
- средняя пропускная способность при зелёной фазе $\mu = 720$ авто/час;
- доля зелёной фазы в общем цикле светофора составляет 0,45.

Для расчётов используем эффективную интенсивность обслуживания:

$$\mu_{\text{эфф}} = \mu \cdot 0,45 = 324 \text{ авто/час.}$$

Так как $\lambda > \mu_{\text{эфф}}$, имеем потенциальную перегрузку перекрёстка. Далее рассмотрим фактическую пропускную способность с учётом накопления очередей и реального распределения потока.

Расчёт показателей СМО

Коэффициент загрузки:

$$\rho = \lambda / \mu_{\text{эфф}} = 550 / 324 \approx 1,70.$$

Коэффициент существенно превышает 1, что свидетельствует о систематическом образовании очередей. Теоретическая модель М/М/1 не применима при $\rho > 1$, поэтому проведём корректировку модели, учитывая, что фактическая интенсивность обслуживания не может превышать λ при насыщении.

Проведём оценку по модели ограниченной пропускной способности (узкое место):

$$Q_{\text{ср}} \approx (\lambda - \mu_{\text{эфф}}) \cdot t_{\text{нак}}$$

где $t_{\text{нак}}$ — время накопления очереди (примем 30 мин).

$$Q_{\text{ср}} \approx (550 - 324) \cdot 0,5 = 113 \text{ авто.}$$

Среднее время ожидания:

$$W = Q_{\text{ср}} / \lambda \approx 113 / 550 \approx 0,21 \text{ часа} = 12,6 \text{ минуты.}$$

Полученные результаты согласуются с наблюдаемыми утренними заторами на участке.

Анализ показывает следующие особенности:

1. Пропускная способность перекрёстка явно недостаточна при текущем уровне транспортной нагрузки.
2. Перекрёсток работает в режиме насыщения в часы пик.
3. Среднее время ожидания превышает 10 минут, что считается высоким значением для городского узла.
4. Основной причиной перегрузки является несоответствие доли зелёной фазы интенсивности движения.

Предложения по повышению эффективности:

- увеличение длительности зелёного сигнала на наиболее загруженном направлении до 55–60%;
- внедрение адаптивного управления светофором;
- перераспределение потоков за счёт изменения схемы движения;
- организация дополнительной полосы на подъезде к перекрёстку;

Заключение:

В ходе исследования работы перекрёстка пр. Кузнецкий – пр. Советский в г. Кемерово с использованием аппарата систем массового обслуживания была проведена оценка пропускной способности и ключевых показателей эффективности транспортного узла. Полученные результаты подтверждают, что перекрёсток функционирует в режиме перегрузки, что приводит к значительным задержкам и росту средней длины очереди.

Применение методов СМО позволяет объективно оценить состояние транспортной инфраструктуры и формировать рекомендации по её оптимизации. В дальнейшем возможно использование более сложных моделей (М/D/1), (М/M/n), имитационного моделирования), а также расширение набора данных для повышения точности расчетов.

Список литературы:

1. Дудорова Э.С. Математическая статистика. СПб.: Лань, 2016.
2. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979.
3. Васильев В. И. Организация дорожного движения. М.: Транспорт, 2017.