

УДК 681.3

Вычисление рациональной интенсивности выпуска на линию маршрутных транспортных средств

П. Л. ЧЕЧЕТ

Введение. Имитационная модель городской маршрутной транспортной сети [1, 2] предназначена для моделирования функционирования городского пассажирского транспорта с высоким уровнем детализации, позволяющим задавать и исследовать функционирование транспортной сети с учетом до отдельного пассажира. Использование имитационной модели позволяет решать различные задачи проектирования и исследования пассажирской транспортной сети. Это могут быть задачи, возникающие как при разработке новой пассажирской транспортной сети, так и задачи повышения эффективности функционирования уже существующей, поиска в ней «узких» мест. Поэтому является актуальным построение алгоритмов решения типовых задач функционирования городской маршрутной транспортной сети.

Задача вычисления рациональной интенсивности выпуска на линию маршрутных транспортных средств является важной при анализе качества функционирования или поиска путей повышения эффективности работы городской маршрутной транспортной сети. Интенсивность выпуска маршрутных транспортных средств на линию с конечных остановочных пунктов оказывает большое влияние на её функционирование. Увеличение интервалов между выпуском двух транспортных средств, с одной стороны, увеличивает наполняемость пассажирами, так как пассажиры собираются на остановках в течение большего интервала времени. Это приводит к увеличению прибыли предприятий транспорта. Однако слишком редкое движение транспорта может увеличить время его ожидания пассажирами до недопустимо большой величины. Поэтому задача выбора рациональной интенсивности не имеет тривиального решения. С одной стороны, требуется обеспечить наполняемость транспорта не ниже некоторого заданного уровня $\eta \geq \eta_{\min}$, а с другой стороны – обеспечить такое движение транспорта, чтобы время ожидания пассажирами на остановке не превышало некоторой заранее заданной величины $\tau \leq \tau_{\max}$ (формула 1).

$$\eta \geq \eta_{\min} \text{ и } \tau \leq \tau_{\max} \quad (1)$$

Поиск рациональной интенсивности выпуска транспортных средств на линию предлагается выполнять следующим образом. Для рассматриваемого маршрута проводим однофакторный эксперимент, варьируя интенсивность выпуска на некотором интервале. Интервал может быть получен как отклонение в обе стороны от текущей величины интенсивности выпуска на некоторую величину δ . При проектировании новой транспортной сети для выбора интервала могут быть использованы экспертные оценки. Далее следует для каждой остановки маршрута рассмотреть изменение коэффициента наполнения и времени ожидания пассажирами. Исследования показали, что при увеличении интенсивности выпуска транспортных средств на линию, наполнение и время ожидания нестрого возрастают (зависимость 2):

$$\eta(\lambda_1) \leq \eta(\lambda_2), \tau(\lambda_1) \leq \tau(\lambda_2), \lambda_1 < \lambda_2. \quad (2)$$

Пример изменения времени ожидания (шкала слева) и коэффициента наполнения (шкала справа) при изменении интенсивности выпуска маршрутных транспортных средств на линию приведен на графике, на рисунке 1.

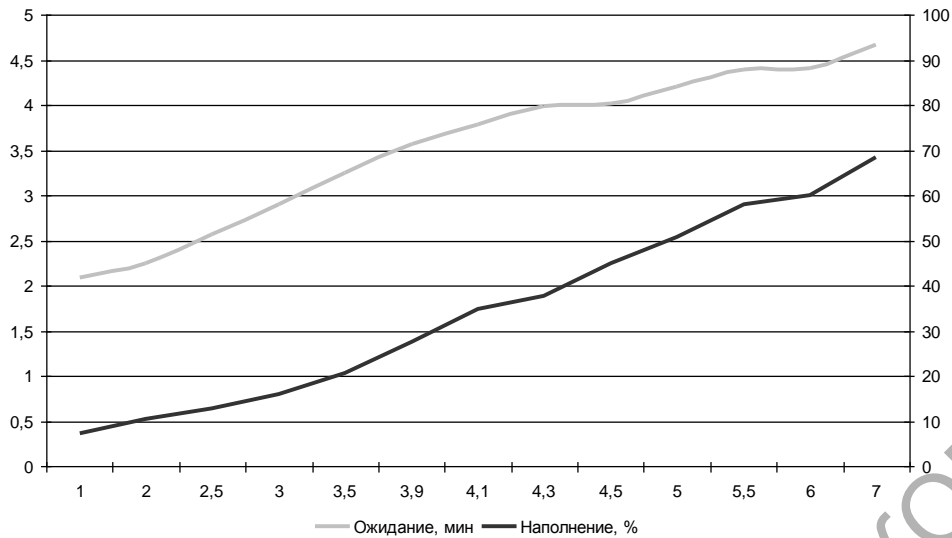


Рисунок – 1. Зависимость времени ожидания и коэффициента наполнения от интенсивности выпуска

Для более удобного анализа значений коэффициента наполнения и времени ожидания их следует преобразовать выражениями (3) и (4). При этом условие (1) примет вид (5).

$$\eta_j^* = \frac{\eta_j}{\eta_{\min}}, \text{ где } \eta_j - \text{значения коэффициента наполнения} \quad (3)$$

$$\tau_j^* = \frac{\tau_j}{\tau_{\max}}, \text{ где } \tau_j - \text{значение времени ожидания} \quad (4)$$

$$\eta^* \geq 1 \text{ и } \tau^* \leq 1 \quad (5)$$

При этом в зависимости от функционирования сети городского пассажирского транспорта возможны три типовых варианта зависимости коэффициента наполнения и времени ожидания пассажирами от интенсивности выпуска маршрутного транспорта на линию. Рассмотрим первый типовой вариант зависимости. Этот вариант приведен на рисунке 2. Из графиков на рисунке видно, что при увеличении интенсивности λ сначала значение наполняемости η^* становится больше единицы, а затем – время ожидания τ^* . Исходя из условия (5) видно, что оно выполняется при $\lambda \in [\lambda_1; \lambda_2]$. Следовательно, для данного остановочного пункта существует диапазон изменения интенсивности выпуска транспорта, при котором удовлетворяется условие (1).

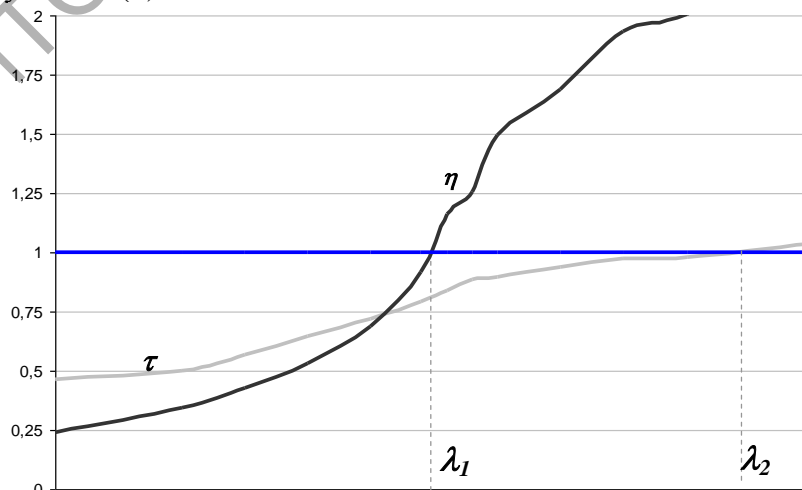


Рисунок – 2. Первый вариант зависимости

Теперь рассмотрим второй типовой вариант зависимости коэффициента наполнения и времени ожидания пассажирами от интенсивности выпуска маршрутного транспорта на ли-

нию. Этот вариант представлен на рисунке 3. В этом варианте значения интенсивности и коэффициента наполнения одновременно достигают единичного значения $\tau^* = \eta^* = 1$.

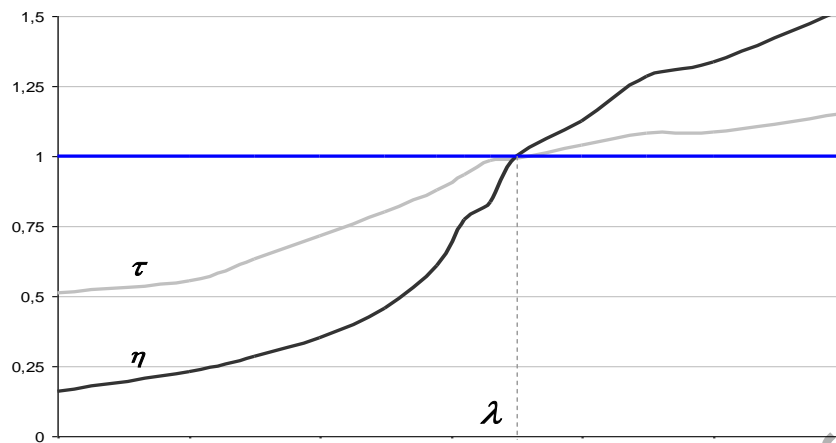


Рисунок – 3. Второй вариант зависимости

В таком случае только при одном значении интенсивности условие (5), а, следовательно, и условие (1) будут выполняться. Теперь рассмотрим третий вариант типовой зависимости коэффициента наполнения и времени ожидания пассажирами от интенсивности выпуска маршрутного транспорта на линию. Этот вариант представлен на рисунке 4. При этом, интенсивность λ должна быть не больше λ_1 и одновременно не меньше λ_2 , но при этом $\lambda_1 < \lambda_2$. Поэтому не существует такой интенсивности выпуска транспорта на линию, при которой выполнялось бы условие (5).

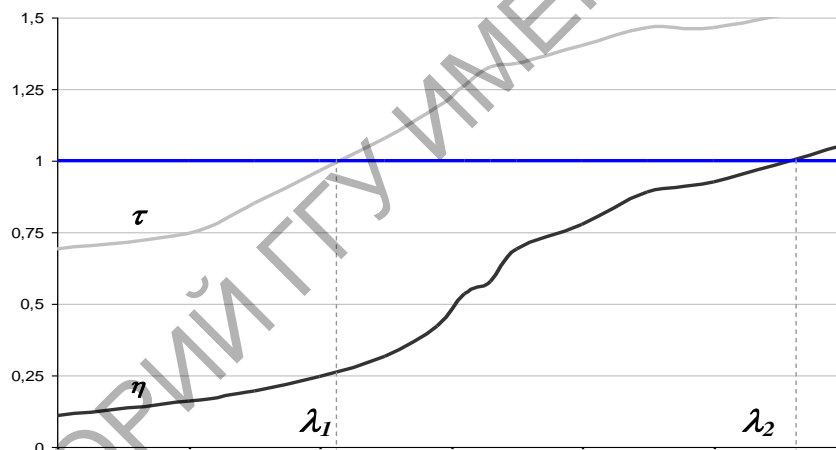


Рисунок – 4. Третий вариант зависимости

Следует отметить, что согласно (2), коэффициент наполнения и время ожидания не строго возрастают, тогда в случае существования в преобразованном значении постоянного участка, равного единице, для преобразованного коэффициента наполнения берется минимальное значение λ , а для преобразованного значения времени ожидания – максимальное значение λ .

Подытожим полученные результаты. При заданных η_{min} и τ_{max} для каждого остановочного пункта маршрута возможны следующие варианты:

1 существует интервал $[\lambda_1; \lambda_2]$ такой, что если интенсивность выпуска транспортных средств $\lambda \in [\lambda_1; \lambda_2]$, то условие (1) выполняется;

2 существует единственное значение интенсивности λ , при котором условие (1) выполняется;

3 при любых значениях интенсивности выпуска транспортных средств на линию λ условие (1) не выполняется.

Для рационального функционирования транспортной сети требуется, чтобы условие (1) выполнялось для всех остановочных пунктов рассматриваемого маршрута. Если хотя бы

для одного остановочного пункта имеет место третий вариант, то нужно либо выбрать новые значения η_{min} и τ_{max} , либо отбросить этот остановочный пункт, допуская невыполнение для него условия (1). В случае, когда для всех остановочных пунктов имеют место только варианты 1 и 2, нужно построить интервал $\Omega = \cap [\lambda_{1_i}; \lambda_{2_i}]$, $i = \overline{1, N}$ по всем N остановочным пунктам. При втором варианте принимается $\lambda_{1_i} = \lambda_{2_i} = \lambda_i$. Если при этом интервал интенсивности $\Omega \neq \emptyset$, то рациональной будет любая интенсивность $\lambda \in \Omega$. В случае, если $\Omega = \emptyset$, то при заданных η_{min} и τ_{max} невозможно выполнение условия (1) для всех остановочных пунктов маршрута. В этом случае следует выбрать новые значения η_{min} и τ_{max} , или допустить невыполнение условия (1) на некоторых остановочных пунктах. Для этого можно воспользоваться предлагаемым ниже методом. Требуется выбрать такое значение λ , чтобы условие (1) выполнялось на максимальном количестве остановочных пунктов маршрута. Графически пример этого приведен на рисунке 5.

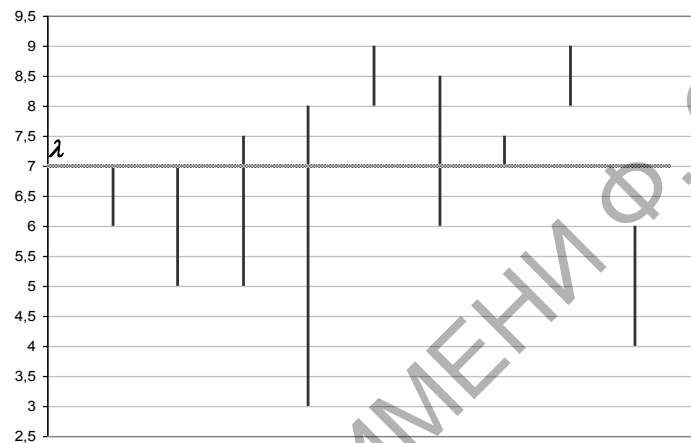


Рисунок – 5. Поиск рационального значения интенсивности

Отрезки интенсивностей $[\lambda_{1_i}; \lambda_{2_i}]$ размещаются последовательно, как показано на рисунке 5. Затем выбирается такое значение λ , чтобы прямая $y = \lambda$, пересекала максимальное количество отрезков. В примере на рисунке 5, при $\lambda = 7$, условие (1) будет выполняться для 6 остановочных пунктов из 9.

Заключение. Предложенный способ поиска рационального значения интенсивности позволяет получить гарантированные значения времени ожидания и коэффициента наполнения либо на всех остановочных пунктах маршрута, либо на их максимальном количестве. Этот метод может быть использован как для исследования уже существующей маршрутной городской транспортной сети, так и при проектировании новой.

Abstract. The algorithm of calculating the intensity urban passenger's traffics is presented in the paper. The results can be used for urban traffic optimization or investigation.

Литература

- 1 Чечет, П.Л. Реализация имитационной модели сети городского пассажирского транспорта / П.Л. Чечет // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2006, – №4(37). – С. 102–104.
- 2 Чечет, П.Л., Проектирование и разработка имитационной модели сети городского пассажирского транспорта / П.Л. Чечет // Материалы X Республиканской научной конференции «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях», 13-15 марта 2007г.: тезисы докладов – ГГУ, Гомель, 2007. – С. 74–75.