

УДК 656.13

С. А. АЗЕМША, кандидат технических наук,; А. Н. СТАРОВОЙТОВ, кандидат физико-математических наук,; С. В. СКИРКОВСКИЙ, старший преподаватель, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ОПТИМИЗАЦИЯ ИНТЕРВАЛОВ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗКАХ ПАССАЖИРОВ В РЕГУЛЯРНОМ СООБЩЕНИИ

Высокая социальная значимость пассажирских перевозок обуславливает необходимость уделять этому виду деятельности значительное внимание. От качества удовлетворения спроса на городские пассажирские перевозки во многом зависит успешное экономическое развитие города или региона. Интервал движения маршрутных транспортных средств определяет, в основном, качество удовлетворения спроса населения на услуги, а также величину затрат перевозчика. Существующая методика определения интервала движения транспортных средств базируется на необходимости обеспечения вывоза заданного количества пассажиров. В то же время не учитываются затраты перевозчика на осуществление перевозок и стоимость потерь времени пассажиров.

Предложена методика определения оптимального интервала движения маршрутных транспортных средств, базирующаяся на минимизации суммы затрат перевозчика и стоимости потерь времени пассажиров.

**Постановка задачи.** Общепринятым способом определения интервала движения маршрутных транспортных средств на маршруте ( $I$ ) является следующая формула:

$$I = \frac{t_0}{A_m}, \quad (1)$$

где  $t_0$  – время оборота на маршруте, ч;  $A_m$  – число автобусов, работающих на маршруте;

В свою очередь, число автобусов, достаточное для работы на маршруте,

$$A_m = \frac{Q t_0 k}{q \eta_{см}}, \quad (2)$$

где  $Q$  – значение пассажиропотока по рассчитываемому часу периода движения, пас / ч. Определяется по каждому часу суток из картограмм пассажиропотоков (рисунок 1);  $k$  – коэффициент внутрисуточной неравномерности. Определяется отношением максимального количества перевезенных пассажиров за рейс в течение рассматриваемого периода времени к среднему количеству пассажиров, перевозимых за рейс за тот же период времени;  $q$  – вместимость транспортного средства, пас.;  $\gamma$  – коэффициент использования вместимости;  $\eta_{см}$  – коэффициент сменности пассажиров.

Коэффициент использования вместимости транспортного средства за рейс

$$\gamma = \frac{Q}{q \eta_{см}}. \quad (3)$$

Коэффициент сменности пассажиров определяется как отношение длины маршрута к средней дальности поездки пассажиров:

$$\eta_{см} = \frac{l_m}{l_{ср}}, \quad (4)$$

где  $l_m$  – длина маршрута, км;  $l_{ср}$  – средняя даль-

ность поездки пассажиров на маршруте, км.

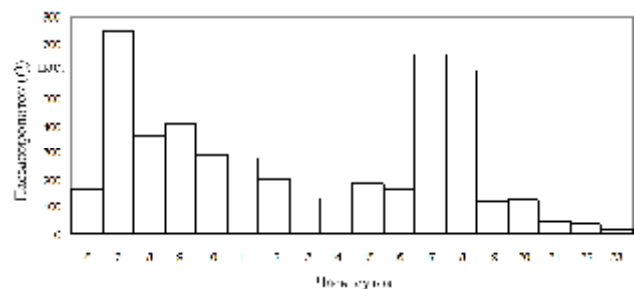


Рисунок 1 – Пример картограммы распределения пассажиропотока по часам суток на маршруте

Средняя дальность поездки пассажиров на маршруте определяется как отношение выполненных пассажиро-километров за рейс (за сутки) к объему перевезенных пассажиров за тот же промежуток времени:

$$l_{ср} = \frac{P_m}{Q_m}. \quad (5)$$

Однако из формул (1), (2) видно, что такой подход к определению интервала движения маршрутных транспортных средств основан на определении минимального достаточного количества автобусов, необходимого для освоения заданного объема перевозок пассажиров. В то же время такие важные показатели, как себестоимость перевозки и интересы пассажиров, выраженные в потере времени на поездку, не учитываются.

**Определение целевой функции.** Очевидно, что при заданном объеме транспортной работы и вместимости транспортных средств работа на маршрутах должна организовываться таким образом, чтобы обеспечить суммарный минимум затрат перевозчика на выполнение перевозки  $Z_{пер}$  и затрат

времени пассажиров  $Z_{\text{пас}}$ , т.е.

$$Z_{\text{пер}} + Z_{\text{пас}} \rightarrow \min. \quad (6)$$

При этом полученного числа автобусов должно хватать для освоения заданного объема перевозок ( $Q$ ).

Затраты перевозчика в соответствии с действующими нормативами [1–9] определяются

$$Z_{\text{пер}} = n_p (S_{\text{пер}} l_p + S_{\text{пост}} t_p), \quad (7)$$

где  $n_p$  – число рейсов, выполняемых за рассматриваемый период суток;  $S_{\text{пер}}$  – переменная составляющая себестоимости перевозки на 1 км пробега, руб/км;  $l_p$  – длина рейса, км;  $S_{\text{пост}}$  – постоянная составляющая себестоимости перевозки на 1 ч работы, руб/ч;  $t_p$  – время, необходимое на выполнение одного рейса, с учетом времени отстоя на конечном пункте, ч.

В свою очередь, число рейсов, выполняемых за рассматриваемый период суток, можно выразить через интервал движения:

$$n_p = \frac{t_p}{I}. \quad (8)$$

С учетом этого затраты перевозчика:

$$Z_{\text{пер}} = \frac{t_p}{I} (S_{\text{пер}} l_p + S_{\text{пост}} t_p). \quad (9)$$

Затраты времени одного пассажира на передвижение:

$$T = t_{\text{подх}} + t_{\text{отх}} + (t_{\text{ожид}} + t_{\text{движ}}) K_{\text{п}}, \quad (10)$$

где  $t_{\text{подх}}$  – затраты времени пассажиров на подход к остановочным пунктам маршрута, на которых производится посадка, ч;  $t_{\text{ожид}}$  – затраты времени пассажиров на ожидание транспорта, ч;  $t_{\text{движ}}$  – затраты времени пассажиров на передвижение, ч;  $t_{\text{отх}}$  – затраты времени пассажиров на подход к месту назначения от остановочного пункта, на котором производится высадка, ч;  $K_{\text{п}}$  – коэффициент пересадочности.

В выражении (10) время ожидания  $t_{\text{ожид}}$  зависит от интервала движения транспортных средств на маршруте  $I$ , причем при предположении, что время ожидания есть случайная величина, равномерно распределенная на отрезке  $[0, I]$ , среднее время ожидания одним пассажиром равно половине интервала движения, т.е.

$$t_{\text{ожид}} = I / 2. \quad (11)$$

Время на движение  $t_{\text{движ}}$  зависит от длины поездки и скорости движения маршрутного транспортного средства:

$$t_{\text{движ}} = \frac{l_{\text{сп}}}{v}. \quad (12)$$

Остальные слагаемые выражения (10) ( $t_{\text{подх}}$ ,  $t_{\text{отх}}$ ) определяются из выражения

$$t_{\text{подх}} = t_{\text{отх}} = \frac{1}{4} \left( \frac{1}{3\delta} + \frac{l_{\text{п}}}{4} \right), \quad (13)$$

где  $\delta$  – плотность маршрутной сети, км / км<sup>2</sup>;  $l_{\text{п}}$  – средняя длина перегона на маршруте, км.

Коэффициент пересадочности  $K_{\text{п}}$  для населенных пунктов численностью жителей от 500 до 1000 тыс. человек составляет от 1,23 до 1,3 [21, с. 173].

Подставляя (11)–(13) и  $K_{\text{п}} = 1,23$  в выражение (10), получим

$$T = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{3\delta} + \frac{l_{\text{п}}}{4} \right) + \left( \frac{l_{\text{сп}}}{v} + I / 2 \right) \cdot 1,23. \quad (14)$$

В стоимостном выражении затраты времени пассажиров:

$$Z_{\text{пас}} = QC_{\text{пч}} \left( \frac{1}{2} \left( \frac{1}{3\delta} + \frac{l_{\text{п}}}{4} \right) + \left( \frac{l_{\text{сп}}}{v} + I / 2 \right) \cdot 1,23 \right), \quad (15)$$

где  $C_{\text{пч}}$  – стоимость одного пассажиро-часа, руб / (пас·ч).

С учетом вышесказанного имеем следующую задачу условной оптимизации относительно интервала движения  $I$ :

$$f(I) = Z_{\text{пер}} + Z_{\text{пас}} \rightarrow \min, \quad (16)$$

$$0 \leq I \leq \frac{q\eta_{\text{см}}}{Qk}. \quad (17)$$

где  $Z_{\text{пер}}$  и  $Z_{\text{пас}}$  определяются выражениями (9) и (15) соответственно.

Правая часть ограничения (17) получается следующим образом: при подстановке интервала движения, обеспечивающего минимум целевой функции (16), в выражение (1) должно обеспечиваться число транспортных средств ( $A_{\text{м}}$ ) не меньше полученного из выражения (2).

Из математики [10] известна следующая теорема: минимальное значение функции  $y = f(x)$ , дифференцируемой на  $[a, b]$ , достигается либо в одной из точек локального минимума, либо в одной из граничных точек отрезка  $[a, b]$ . При этом достаточное условие минимума можно сформулировать следующим образом: если функция  $f(x)$  дифференцируема в некоторой окрестности  $x_0$  и  $f'(x_0) = 0$ , а при переходе через точку  $x_0$  производная меняет знак с минуса на плюс, то точка  $x_0$  является точкой локального минимума.

Функция (16) является дифференцируемой на отрезке (17), за исключением точки  $I = 0$ . В этой точке функция равна  $+\infty$ . Поэтому для отыскания минимума функции (16) необходимо найти точки локального минимума и сравнить значения в этих точках со значением в правой границе (17) – точке  $I = q\eta_{\text{см}} / (Qk)$ .

Для отыскания локального минимума функции (16) найдем ее производную по  $I$ :

$$f'(I) = 0,615QC_{\text{пч}} - \frac{t_p (S_{\text{пер}} l_p + S_{\text{пост}} t_p)}{I^2}. \quad (18)$$

Приравняв (18) к нулю и решая полученное уравнение относительно  $I$ , найдем возможные точки экстремума. При этом получится два корня, от-

личающиеся только знаком. Естественно, интервал движения не может быть отрицательным – ограничение (17), поэтому рассматриваем только положительное значение:

$$I_{\min} = \sqrt{\frac{t_p(S_{\text{пер}}I_p + S_{\text{пост}}t_p)}{0,615QC_{\text{пч}}}}. \quad (19)$$

Несложно убедиться, что полученное значение  $I_{\min}$  будет являться точкой локального минимума.

Далее возможны два случая:

1) если  $I_{\min} \geq I = q\eta_{\text{см}} / (Qk)$ , то глобальный минимум целевой функции будет достигаться в точке  $I = q\eta_{\text{см}} / (Qk)$  – это такой интервал движения, который обеспечивает минимальное достаточное количество автобусов, необходимое для освоения заданного объема перевозок пассажиров;

2) если  $I_{\min} < I = q\eta_{\text{см}} / (Qk)$ , то глобальный минимум достигается в точке  $I_{\min}$ . Это следует из того факта, что целевая функция (16) является выпуклой вниз функцией ( $f''(I) > 0$ ). Но известно, что локальный минимум выпуклой вниз функции, заданной на отрезке, совпадает с ее глобальным минимумом на этом отрезке.

Входящие в выражение (19) факторы являются известными величинами и определяются:

- значение пассажиропотока ( $Q$ ) – из обследований пассажиропотоков на маршруте;
- переменная составляющая себестоимости перевозки на 1 км пробега ( $S_{\text{пер}}$ ), постоянная составляющая себестоимости перевозки на 1 ч работы ( $S_{\text{пост}}$ ) – по бухгалтерским данным предприятия-перевозчика;
- длина рейса ( $l_p$ ), время необходимое на выполнение одного рейса, с учетом времени отстоя на конечном пункте ( $t_p$ ) – из характеристик маршрута;
- стоимость одного пассажиро-часа ( $C_{\text{пч}}$ ) – по данным дополнительных расчетов в соответствии с принятой методикой.

Очевидно, что наибольшую трудоемкость займет определение значений  $S_{\text{пер}}$ ,  $S_{\text{пост}}$  и  $C_{\text{пч}}$ .

**Определение значений числовых параметров целевой функции.** *Переменная составляющая себестоимости* перевозки на 1 км пробега  $S_{\text{пер}}$ , *постоянная составляющая себестоимости* перевозки на 1 ч работы  $S_{\text{пост}}$  определяются в соответствии с действующими нормативными актами в зависимости от вместимости транспортного средства. Так, по данным АП № 6 г. Гомеля на 2006 г были найдены зависимости переменной и постоянной составляющих себестоимости от вместимости автобуса [12, с. 163-164], представлены на рисунках 2 и 3 соответственно.

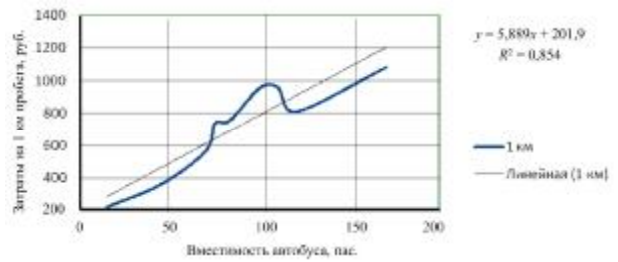


Рисунок 2 – График зависимости затрат на 1 км пробега автобусов от вместимости транспортного средства

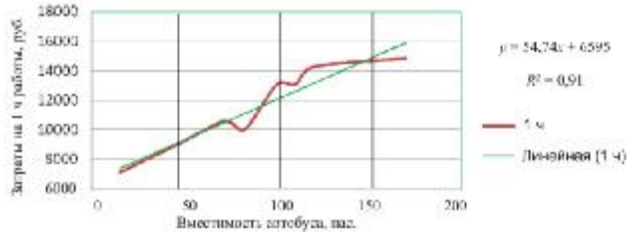


Рисунок 3 – График зависимости затрат на 1 час работы автобусов от вместимости транспортного средства

Из рисунков 2, 3 видно, что искомые зависимости имеют следующий вид:

- переменная составляющая себестоимости перевозки на 1 км пробега  $S_{\text{пер}} = 201,9 + 5,89q$ ;
- постоянная составляющая себестоимости перевозки на 1 ч работы  $S_{\text{пост}} = 6595 + 54,74q$ .

Подставляя в полученные выражения значения вместимости автобусов, работающих на маршруте, можно рассчитать постоянную и переменную составляющую себестоимости автобусной перевозки в ценах 2006 г. Однако целесообразным будет перевести ее с учетом курса доллара, динамика изменения которого представлена на рисунке 4.

*Стоимость одного пассажиро-часа*  $C_{\text{пч}}$  в настоящее время имеет широкий диапазон значений, полученных различными методами. Как правило, при этом пользуются тремя основными подходами [15]:

- исходя из национального дохода или чистой продукции, созданных за один человеко-час;
- среднечасовой заработной платы трудящихся;
- субъективной оценки пассажиром своего времени при выборе средства передвижения.

Т.С. Хачатуров в своих исследованиях [16] предположил, что только 20 % сэкономленного времени может быть использовано на увеличение времени производительного труда и  $C_{\text{пч}}$  определяется по формуле

$$C_{\text{пч}} = a'_c K_c$$

где  $a'_c$  – отношение сэкономленных человеко-часов, обращенных на увеличение производства, к общему количеству сэкономленных человеко-часов;  $K_c$  – чистая продукция, создаваемая за один человеко-час.

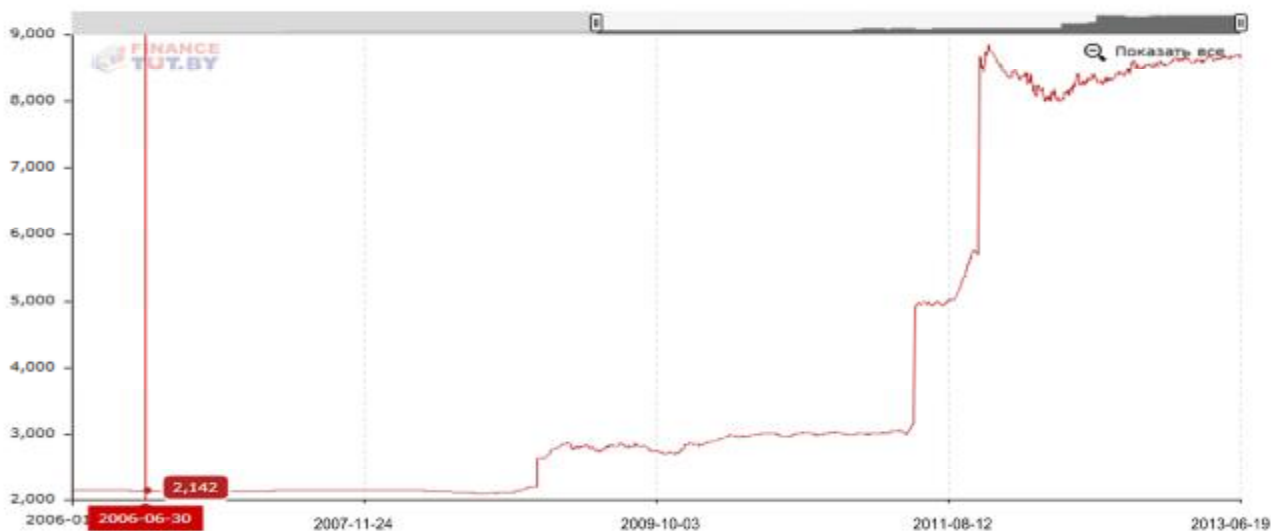


Рисунок 4 – Динамика изменения курса доллара США

А.О. Аррак в работе [14] разбил коэффициент  $a_c$  на несколько составляющих

$$a_c = a_1 a_2 a_3,$$

где  $a_1$  – коэффициент, учитывающий, какую часть сбереженного времени трудящиеся используют на увеличение свободного времени;  $a_2$  – коэффициент активной части свободного времени, используемого для всестороннего развития личности, для расширенного воспроизводства рабочей силы;  $a_3$  – коэффициент, учитывающий долю трудящихся сферы материального производства в общем пассажиропотоке. В своих расчетах автор получил для Эстонии в 1979 году  $C_{пч} = 0,55$  руб/ч.

Первый из трех перечисленных выше подходов использовали и некоторые зарубежные исследователи при определении  $C_{пч}$ . У. Бэме оценивал один пассажиро-час как равный национальному доходу, созданному в среднем за один человеко-час рабочими и служащими в народном хозяйстве, т. е. включая и работников непроизводственной сферы, и получил результат 7 марок/ч, или 2,2 руб./ч [17].

М. Ратай при расчете  $C_{пч}$  брал за основу национальный доход, созданный в стране за один час, и в дальнейшем учитывал, что в часы пик трудовые поездки составляют 85 % от общего числа поездок, а в среднем за день 40 %. Умножая величину производимого в расчете на 1 чел.-ч нацио-

нального дохода соответственно на 0,85 и 0,4, он и выводил  $C_{пч}$  [14].

Западногерманские исследователи Ф. Меевес и В. Ротхстаттер определяли  $C_{пч}$  делением национального дохода страны на число жителей (старше 15 лет) и число рабочих часов в году (2000 ч. При этом получили 8,33 марок/ч, или 2,66 руб/ч [17]).

В. С. Купцов определяет  $C_{пч}$  как стоимость, которая может быть создана в производственной сфере и выражена долей национального дохода, приходящегося на одного работника данной сферы, и стоимость, потерянная в связи с затратой времени на переезд работников непроизводственной сферы и выраженной размером заработной платы. В расчетах В. С. Купцова имеют место элементы двойного счета, и заработная плата работников в сфере материального производства учитывается вдвойне, т. е.  $C_{пч} = 0,1$  руб/ч [15].

Делением национального дохода, произведенного за год, на все календарное время населения страны определяют  $C_{пч}$  В. Н. Кузьминов и И. Л. Хасман. Здесь имеет место учет времени, которое приходится не только на производство национального дохода, но и на отдых, сон и т. д. [15].

При расчете  $C_{пч}$  вторым методом воспользовался профессор Ф. П. Кочнев. Он получил  $C_{пч}$ , равную 0,062 руб/ч, считая, что 50 % всех пассажиров работают на предприятиях и имеют среднюю дневную зарплату 3 руб. [14].

А. М. Баранов оценивает 1 пас·ч в 0,1 руб/ч, А. И. Пузин и В. А. Федоров – 0,3 руб/ч, считая, что денежно оценивать необходимо лишь пассажиров, едущих по служебным надобностям [18].

В одной из своих последних работ академик Т. С. Хачатурян при расчете стоимости 1 пас·ч исходит из среднемесячной заработной платы рабочих и служащих в народном хозяйстве. При этом он предлагает приравнять каждый человеко-час экономии времени к 0,5 стоимости одного человеко-часа рабочего времени. В результате получено  $C_{пч} = 0,65...0,95$  руб/ч [15].

Такая же точка зрения отражена во «Временной методике определения эффективности затрат в непроизводственную сферу», утвержденной Госпланом СССР 26 февраля 1981 г. Здесь затраты времени также оцениваются на уровне 50 % от оплаты труда контингента, который пользуется данным видом услуг, а в качестве временного норматива рекомендуется оценка 0,5–0,7 руб/ч с учетом региональных условий оплаты труда [15]. Временной норматив, равный 0,5–0,7 руб/ч, приводится также для оценки затрат времени населением на пользование услугами, в том числе и услугами пассажирского транспорта [14].

При расчете  $C_{пч}$  из средней заработной платы исходят и некоторые зарубежные авторы. В Австралии при оценке сбереженного транспортом времени принимаются за основу 25 %, а в США и Великобритании – 30 % среднечасовой заработной платы [14]. В целом стоимость одного пассажиро-часа по оценкам зарубежных авторов находится в пределах  $C_{пч} = 1,5...3,25$  доллара [17].

Третий метод определения  $C_{пч}$ , основанный на субъективной оценке пассажиром своего времени, применяли Б. М. Парахонский и В. А. Соболин, Г. И. Черномордик и К. В. Паршикова и др. [17]. Они утверждают, что исследования в этой области в Институте комплексных транспортных проблем при Госплане СССР позволили установить, что при существовавшем к 1970 г. уровне платежеспособности населения оно доплачивало за пользование более скоростным транспортом 17–30 коп/ч.

И. М. Улицкая, проводя исследования в Москве по совершенствованию методов оценки деятельности предприятий городского автобусного

транспорта по повышению качества обслуживания пассажиров, предложила и использовала свой метод для определения  $C_{пч}$ . Она получила  $C_{пч}$ , равную 0,16 руб [19]. И. С. Ефремов и другие принимают  $C_{пч}$ , равную 0,15 руб [15].

Существенный разброс численных значений стоимости одного пассажиро-часа транспортного времени позволяет сделать вывод о том, что нет единого мнения по ее оценке. В сложившихся реалиях для Республики Беларусь представляется целесообразной оценка стоимости 1 пас·ч, равная минимальной часовой заработной плате, которая на текущий момент составляет 8340 руб/ч.

**Пример расчета.** Для примера приведем расчет оптимального интервала движения автобусов на маршруте № 12 г. Гомеля в будние дни. Картограммы изменения пассажиропотока на данном маршруте в прямом и обратном направлениях по часам суток представлены на рисунках 5 и 6 соответственно. Интервалы движения приведены в таблице 1.

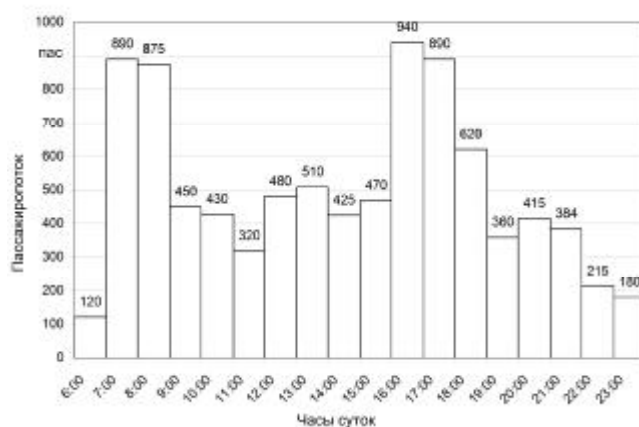


Рисунок 5 – Картограмма изменения пассажиропотока на маршруте № 12 в прямом направлении

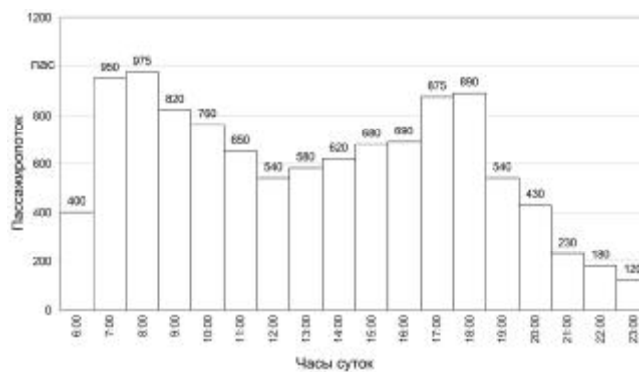


Рисунок 6 – Картограмма изменения пассажиропотока на маршруте № 12 в обратном направлении

Таблица 1 – Средние интервалы движения автобусов на маршруте № 12 по периодам суток

Прямое направление		Обратное направление	
Периоды суток	Средний интервал движения, мин	Периоды суток	Средний интервал движения, мин
6:00 – 9:00	15	6:00–10:00	15
9:00 – 14:00	26	10:00–15:00	25
14:00 – 18:00	15	15:00–19:00	15
18:00 – 19:00	21	19:00–24:00	25
19:00 – 24:00	25		

На маршруте 12 в основном работают автобусы МА3-105, вместимостью 160 пас. Переменная составляющая себестоимости перевозки на 1 км пробега для такого автобуса в ценах 2006 г.:  $S_{пер} = 201,9 + 5,89 \cdot 160 = 1144$  руб / км, а постоянная составляющая себестоимости перевозки на 1 ч работы  $S_{пост} = 6595 + 54,74 \cdot 160 = 15353$  руб /ч. В соответствии с курсом доллара США на 2006 г. 2140 руб (см. рисунок 4),  $S_{пер} = 1144 / 2140 = 0,55$  у.е. / км,  $S_{пост} = 15353 / 2140 = 7,2$  у.е. /ч. Стоимость 1 пас·ч, с учетом сложившейся минимальной часовой оплаты труда и курсом доллара США составит  $C_{пч} = 8340 / 8720 = 0,96$  у.е. / (пас·ч).

Длина рейса на маршруте № 12 составляет 17,2 км ( $l_p = 17,2$  км), время, необходимое на выполнение одного рейса, с учетом времени отстоя на конечном пункте, –  $t_p = 1,15$  ч. Тогда выражение (17) примет вид

$$0,615C_{пч}Q - \frac{t_p(S_{пер}l_p + S_{пост}t_p)}{I^2} = 236,16 - \frac{20,4401}{I^2}.$$

Решив приведенное уравнение относительно  $I$ , можно получить два корня:  $\pm 0,294$  ч. Учитывая ограничения на неотрицательность, оптимальный

интервал движения автобусов по маршруту № 12 в будний день в обратном направлении в период с 6:00 до 7:00 (см. рисунок 6) составит  $0,294 \cdot 60 = 17$  мин. Реальный интервал составляет 15 мин (см. таблицу 1).

Затраты перевозчика при существующем интервале движения [см. выражение (8)]:

$$Z_{пер1} = \frac{1,15}{15/60} (0,55 \cdot 17,2 + 7,2 \cdot 1,15) = 81,6 \text{ у.е.}$$

Стоимость времени пассажиров при существующем интервале движения [см. выражение (14)]:

$$Z_{пас1} = 400 \cdot 0,96 \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{1}{3 \cdot 2,3} + \frac{0,6}{4} \right) + \left[ \frac{4,71}{20} + 15 / (60 \cdot 2) \right] 1,23 \right\} = 226,9 \text{ у.е.}$$

Тогда величина суммарных затрат при существующем 15-минутном интервале движения составят

$$Z_1 = 81,6 + 226,9 = 308,5 \text{ у.е.}$$

Затраты перевозчика при оптимальном интервале движения составляют [см. выражение (8)]

$$Z_{пер2} = \frac{1,15}{17/60} (0,55 \cdot 17,2 + 7,2 \cdot 1,15) = 72, \text{ у.е.}$$

Стоимость времени пассажиров при оптимальном интервале движения [см. выражение (14)]

$$Z_{пас2} = 400 \cdot 0,96 \left\{ \frac{1}{2} \left( \frac{1}{3 \cdot 2,3} + \frac{0,6}{4} \right) + \left[ \frac{4,71}{20} + 17 / (60 \cdot 2) \right] 1,23 \right\} = 234,77 \text{ у.е.}$$

Тогда величина суммарных затрат при оптимальном 17-минутном интервале движения

$$Z_2 = 72 + 234,77 = 306,77 \text{ у.е.,}$$

а экономический эффект от оптимизации интервала движения составит:

- для перевозчика:  $Z_{пер.э} = Z_{пер1} - Z_{пер2} = 81,6 - 72 = 9,6$  у.е.;

- для пассажиров:  $Z_{пас.э} = Z_{пас1} - Z_{пас2} = 226,9 - 234,77 = -7,87$  у.е.;

- суммарно:  $Z_3 = Z_1 - Z_2 = 308,5 - 306,77 = 1,73$  у.е.

Результаты расчета оптимального интервала движения автобусов на маршруте № 12 для остальных периодов суток, а также экономический эффект, приведены в таблице 2. Из результатов расчета видно, что суточный годовой эффект от оптимизации интервалов движения автобусов на маршруте № 12 составляет 374,8 у.е.

Таблица 2 – Расчет оптимальных интервалов и экономического эффекта

Периоды суток	Средний интервал движения, мин	Пассажиропоток, пас /ч	Оптимальный интервал, мин	Затраты, у.е.		
				З <sub>1</sub>	З <sub>2</sub>	З <sub>3</sub>
<i>Прямое направление</i>						
6:00 – 7:00	15	120	32	149,7	126,4	23,3
7:00 – 8:00	15	890	12	586,5	580,6	5,9
8:00 – 9:00	15	875	12	577,9	572,5	5,4
9:00 – 10:00	26	450	17	351,1	336,1	15
10:00 – 11:00	26	430	17	337,5	324,4	13,1
11:00 – 12:00	26	320	20	263	259	4
12:00 – 13:00	26	480	16	371	354	17
13:00 – 14:00	26	510	16	392	371	21
14:00 – 15:00	15	425	17	323	322	1
15:00 – 16:00	15	470	16	348	348	0
16:00 – 17:00	15	940	12	615	608	7
17:00 – 18:00	15	890	12	587	581	6
18:00 – 19:00	21	620	14	447	433	14
19:00 – 20:00	25	360	19	289	283	6
20:00 – 21:00	25	415	17	325	316	9
21:00 – 22:00	25	384	18	305	297	8
22:00 – 23:00	25	215	24	192	192	0
23:00 – 24:00	25	180	26	169	169	0
<i>Обратное направление</i>						
6:00 – 7:00	15	400	18	308,5	306,7	1,8
7:00 – 8:00	15	950	12	620,5	612,8	7,7
8:00 – 9:00	15	975	11	634,7	626,0	8,7
9:00 – 10:00	15	820	12	546,7	542,9	3,8
10:00 – 11:00	25	760	13	554,9	510,3	44,6
11:00 – 12:00	25	650	14	481,6	449,8	31,8
12:00 – 13:00	25	540	15	408,4	387,9	20,5
13:00 – 14:00	25	580	15	435,0	410,6	24,4
14:00 – 15:00	25	620	14	461,7	433,0	28,6
15:00 – 16:00	15	680	14	467,3	466,5	0,8
16:00 – 17:00	15	690	13	473,0	472,0	1,0
17:00 – 18:00	15	875	12	577,9	572,5	5,4
18:00 – 19:00	15	890	12	586,5	580,6	5,9
19:00 – 20:00	25	540	15	408,4	387,9	20,5
20:00 – 21:00	25	430	17	335,2	324,4	10,8
21:00 – 22:00	25	230	23	202,1	201,8	0,3
22:00 – 23:00	25	180	26	168,8	168,7	0,1
23:00 – 24:00	25	120	32	128,8	126,4	2,4

### Список литературы

1 Об утверждении методических рекомендаций по расчету тарифов на автомобильные перевозки грузов и пассажиров в Республике Беларусь : Приказ М-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 21 июня 2011 г, № 305-Ц // Эталон-Беларусь [Электрон. ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.

2 Об утверждении Положения о рабочем времени и времени отдыха для водителей автомобилей : постановление М-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 25 нояб. 2010 г., № 82 // Эталон-Беларусь [Электрон. ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.

3 Об утверждении инструкции о порядке определения тарифных ставок и должностных окладов : поста-

новление М-ва труда и социальной защиты Респ. Беларусь от 26 апр. 2010 г. № 60 // Эталон-Беларусь [Электрон. ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.

4 Об утверждении Методических рекомендаций по применению гибких систем оплаты труда в коммерческих организациях : постановление Минтруда и соцзащиты от 30.09.2010 № 131 // Эталон-Беларусь [Электрон. ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.

5 Об утверждении инструкции по бухгалтерскому учету запасов : постановление М-ва финансов Респ. Беларусь от 12.11.2010 № 133 // Эталон-Беларусь [Электрон. ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.

6 Об утверждении инструкции о порядке применения норм расхода топлива для механических транспорт-

ных средств, машин, механизмов и оборудования : постановление М-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 31 дек. 2008 г. № 141 // Эталон-Беларусь [Электрон. ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.

7 ТКП 299-2011. Автомобильные шины. Нормы и правила обслуживания : утв. приказом М-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 21 марта 2011 г. № 149-Ц. – Мн. : М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2011. – 42 с.

8 Об утверждении инструкции о порядке начисления амортизации основных средств и нематериальных активов : постановление М-ва экономики Респ. Беларусь, М-ва финансов Респ. Беларусь и М-ва архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь от 27 февр. 2009 г. № 37/18/6 // Эталон-Беларусь [Электрон. ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.

9 ТКП 248-2010 (02190). Техническое обслуживание и ремонт транспортных средств. Нормы и правила проведения : постановление М-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь от 13.05.2010 № 36. – Мн. : М-во транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 2010. – 46 с.

10 **Корн, Г.** Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

11 [http://ru.wikipedia.org/wiki/%C3%EE%EC%E5%EB%FC#cite\\_note-12](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C3%EE%EC%E5%EB%FC#cite_note-12)

12 **Аземша, С.А.** Автомобильные перевозки пассажиров и грузов. Практикум : учеб. пособие – 2-е изд.,

Получено 24.06.2013

### **S. A. Azemsha, A. N. Starovoytov, S. V. Skirkovskiy. Optimization of vehicles movements intervals at passengers city transportations in the regular massage**

The high social importance of passenger traffic causes need to pay to this kind of activity considerable attention. The successful economic development of the city in many respects depends on quality of satisfaction of demand for city passenger traffic or the region. The interval of movement of route vehicles defines, generally quality of satisfaction of demand of the population on services, and also size of expenses of a carrier. The existing technique of definition of an interval of movement of vehicles is based on need of ensuring export of the set volume of passengers. In too time carrier expenses implementation of transportations and cost of losses of time of passengers thus aren't considered.

The technique of definition of an optimum interval of movement of the route vehicles, based on minimization of the sum of expenses of a carrier and cost of losses of time of passengers is given.

перераб. / С.А. Аземша, С.В. Скиркоцкий, С.В. Сушко; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 205 с.

13 <http://finance.tut.by/arhiv/>

14 **Арак, А.О.** Социально-экономическая эффективность пассажирских перевозок. / А.О. Арак. – Таллин : Ээсти раамат, 1982. – 220 с.

15 **Доля, В.К.** Методы организации перевозок пассажиров в городах / В.К. Доля. – Харьков : Основа, 1992. – 144 с.

16 **Хачатуров, Т.С.** Экономика транспорта / Т.С. Хачатуров. – М. : Транспорт, 1959. – 587 с.

17 **Гюлев Н.У.** Доля В.К, Терлецкая И.В. Стоимостная оценка потерь времени пассажиров на передвижение в городском транспорте / Н.У. Гюлев, В.К. Доля, И.В. Терлецкая // Совершенствование экономической работы на автотранспорте. – Саратов 1987, С. 13–116.

18 Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / под общ. ред. С.Л. Голованенко. – К. : Тэхніка, 1981. – 167 с.

19 **Завадский, Ю.В.** Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионного анализа / Ю.В. Завадский – М: Изд. Моск. автомоб.-дор. ин-та. 1981. – 116 с.

20 <http://www.proezd.by/index>

21 **Спирин, И.В.** Городские автобусные перевозки : Справочник / И.В. Спирин. – М: Транспорт, 1991. – 238 с.