

УДК 656.078.1

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕРОВ ДВИЖЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ЕДИНИЦ ПО МАРШРУТАМ ГОРОДА

Ембулаев В.Н., Беленец П.С.

*Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток, e-mail: Vladimir.Embulaev@vvsu.ru, Pavel.Belenets@vvsu.ru*

В работе показано, что суммарные минимальные затраты, связанные с организацией перевозок пассажиров, определяются при использовании в управлении информации о фактических пассажиропотоках. Искажение её в сторону завышения или занижения приводит к увеличению суммарных затрат. Это связано с тем, что при организации пассажирских перевозок по маршруту увеличение размеров движения подвижных единиц позволяет сократить затраты пассажирами на ожидание транспортных средств, однако приводит к росту эксплуатационных расходов организаций-перевозчиков. Уменьшение размеров движения подвижных единиц приводит к увеличению затрат пассажирами на ожидание транспортных средств, но при этом снижаются эксплуатационные расходы организаций-перевозчиков. Оптимизация размеров движения подвижных единиц возможна по суммарным минимальным затратам, связанными, с ожиданием пассажирами транспортных средств и работой организаций-перевозчиков.

**Ключевые слова:** пассажиропотоки, транспортное средство, организация-перевозчик, размеры движения, материальные и финансовые затраты

## ECONOMIC SIZE OPTIMIZATION METHOD OF MOBILE UNITS IN MOTION ROUTES CITY

Embulaev V.N., Belenets P.S.

*Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: Vladimir.Embulaev@vvsu.ru, Pavel.Belenets@vvsu.ru*

It is shown that the total minimum cost associated with transportation of passengers are defined when used in the management of information on the actual passenger traffic. Its distortion towards over-or underestimation leads to an increase in total costs. This is due to the fact that the organization of passenger traffic on the route increase in size of moving units can reduce the cost of passengers waiting for vehicles, however, leads to an increase in the operating costs of organizations-carriers. Reducing the size of moving units leads to an increase in the cost of passengers waiting for vehicles, but this reduces the operating costs of organizations-carriers. Optimizing the size of moving units is possible at the total minimum cost associated with waiting passengers, vehicles and organizations-carriers.

**Keywords:** passenger traffic, vehicle, organization-carrier, the size of the movement, material and financial costs

Транспортная система города решает важные социальные задачи по культурному обслуживанию населения в перевозках [2]. Основным показателем функционирования системы обслуживания населения ГПТ является уровень удовлетворения городского населения в перевозках и рентабельность организаций-перевозчиков [3]. Уровень удовлетворения городского населения в перевозках в основном определяется временем ожидания пассажирами транспортных средств (ТС) на остановочных пунктах (ОП) и размерами перевозок пассажиров по маршрутам, в то время как рентабельность организаций-перевозчиков определяется расходами на эксплуатацию ТС на маршрутах. Оба показателя зависят от степени точности информации о пассажиропотоках: завышение её приводит к незагруженности работы ТС, занижение – к неудовлетворению пассажирских перевозок. Поэтому расчёт затрат при организации пассажирских перевозок по маршруту необходимо проводить не только по оценкам регуля-

ности движения ТС по маршрутам, но и по оценкам экономии времени пассажирами на ожидание ТС на ОП и на передвижение по маршруту. В связи с этим величину, оценивающую суммарные затраты пассажирами ( $\mathcal{E}_{\text{ож}}$ ) и организациями-перевозчиками ( $\mathcal{E}_{\text{дв}}$ ), следует определять как их сумму по следующей формуле

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{ож}} + \mathcal{E}_{\text{дв}} \quad (1)$$

Затраты, связанные с ожиданием ТС пассажирами, вытекают из следующих соображений. Пусть  $T$  есть временной интервал между приходом на конкретный ОП следующих друг за другом ТС по маршруту. Тогда пассажиры, которые пришли на ОП в начале этого интервала, затратят времени на ожидание очередного ТС больше, чем те пассажиры, которые придут в конце интервала. Именно поэтому можно считать, что в среднем каждый пассажир на ожидание ТС затрачивает время равное  $T/2$  (в часах).

Если за расчётный период времени (за 1 час) в прямом и обратном направлени-

я по маршруту проедет  $A$  пассажиров, то общее время, затраченное ими на ожидание ТС, определяется произведением  $A(T/2)$ .

Исследования в советское время показали, что длительное пребывание пассажира в транспортном процессе приводит к появлению «транспортной усталости», вызывающей ощутимое снижение качества выпускаемой продукции [5]. Именно эти факторы позволили исследователям косвенно оценить величину  $C_{\Pi}$  в качестве показателя стоимости ожидания ТС пассажиром в течение часа (руб./пасс.час.).

Заметим, что затраты, связанные с ожиданием ТС пассажирами на ОП, зависят от количества подвижных единиц на маршруте ( $N$ ): чем больше  $N$ , тем меньше времени приходится на их ожидание, и наоборот, т.е. время ожидания обратно пропорционально  $N$ . И тогда затраты, связанные с ожиданием ТС пассажирами, определяются по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{ож}} = \frac{T}{2} A C_{\Pi} \frac{1}{N} = \frac{T A C_{\Pi}}{2 N}. \quad (2)$$

Расходы, связанные с перевозкой пассажиров по маршруту, вытекают из следующих соображений. Все эксплуатационные расходы подразделяются на расходы, не зависящие от пробега ТС и примерно постоянные по величине при определённом объёме хозяйства (содержание административно-управленческого персонала, депо и гаражей, устройства энергоснабжения и др.), и расходы переменные, непосредственно зависящие от пробега ТС и ему пропорциональные (расходы на электроэнергию, горючее, резину, ремонт основного оборудования и т.п.). Однако при определении эксплуатационных расходов важно выделить только ту часть расходов, которая непосредственно зависит от организации перевозок и функционирования транспортной системы. А вот ту часть расходов, которая не зависит от вариантов организации перевозок, учитывать в расчётах не следует. Именно такой подход позволяет определить эксплуатационные расходы  $\mathcal{E}_{\Pi}$  на одно ТС, отнесённые за расчётный период времени (за 1 час).

Заметим, что затраты, связанные с эксплуатацией ТС, прямо пропорционально зависят от количества подвижных единиц на маршруте ( $N$ ). И поэтому эксплуатационные затраты организаций-перевозчиков можно определить по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = \mathcal{E}_{\Pi} N. \quad (3)$$

С учётом формул (2)–(3) выражение (1) запишем в таком виде:

$$\mathcal{E}(N) = \frac{T A C_{\Pi}}{2 N} + \mathcal{E}_{\Pi} N. \quad (4)$$

Теперь определим то значение  $N$ , которое обеспечило бы минимум (4) за 1 час работы ТС на маршруте. Для этого возьмём производную по  $N$  и приравняем к нулю

$$\mathcal{E}'(N) = \mathcal{E}_{\Pi} - \frac{T A C_{\Pi}}{2 N^2} = 0. \quad (5)$$

Из (5) получаем, что

$$N = \sqrt{\frac{T A C_{\Pi}}{2 \mathcal{E}_{\Pi}}}. \quad (6)$$

Практика показывает, что при сборе первичной информации о пассажиропотоках потеря информации о поездках пассажиров составляет в среднем 13, а в отдельных случаях достигает 40 и более процентов ( $k \geq 13\%$ ) [1, 4]. Это говорит о том, что информация, полученная в результате обследования пассажиропотоков и используемая в управлении в течение ряда лет, является недостоверной по отношению к реальным пассажиропотокам. Однако при определении размеров движения ТС очень важно располагать достоверной информацией о пассажиропотоках. Искажение информации о пассажиропотоках приводит либо к увеличению, либо к уменьшению размеров движения ТС.

Увеличение размеров движения ТС позволяет сократить затраты пассажиров на ожидание ТС, однако приводит к росту эксплуатационных расходов организаций-перевозчиков. Уменьшение размеров движения ТС приводит к увеличению затрат пассажиров на ожидание ТС, но при этом снижаются эксплуатационные расходы организаций-перевозчиков. Поэтому оптимизация размеров движения ТС может быть произведена по минимальным затратам, связанных с ожиданием ТС пассажирами на ОП маршрутной сети города и работой организаций-перевозчиков. Эти составляющие и будут учитываться при расчёте экономического эффекта за счёт повышения достоверности информации о пассажиропотоках.

Допустим, что общее количество пассажиров, проезжающих по маршруту в прямом и обратном направлениях за расчётный период времени, – величина  $A$  в формуле (2), – в момент обслуживания пассажиропотоков обладала  $k$ -ой погрешностью, т.е.

$$A_{\Pi} = W A_{\Phi}, \quad (7)$$

где  $A_{\Pi}$  и  $A_{\Phi}$  – показатели искажённого и фактического пассажиропотоков;  $W$  определяется или как  $W_{\text{зн}} = \frac{100-k}{100} \leq 1$ , если информация занижена, или как  $W_{\text{зв}} = \frac{100+k}{100} \geq 1$ , если информация завышена.

В этом случае размеры движения ТС, согласно выражению (6), определяются по следующей формуле:

$$N_{и} = \sqrt{\frac{T A_{и} C_{п}}{2 \Theta_{п}}} = \sqrt{\frac{T W A_{\phi} C_{п}}{2 \Theta_{п}}} = \sqrt{\frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 \Theta_{п}}} \sqrt{W} = N_{\phi} \sqrt{W}. \quad (8)$$

Показатель качества функционирования маршрута в целом при использовании в управлении недостоверной (искажённой) информации определяется по формуле

$$\Theta_{и} = \Theta_{ож}^{и} + \Theta_{дв}^{и} = \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 N_{и}} + \Theta_{п} N_{и}. \quad (9)$$

Оценка потерь, вызванная использованием в управлении перевозками пассажиров недостоверной (искажённой) информации о пассажиропотоках, определяется разницей

$$\Delta \Theta = \Theta_{и} - \Theta_{\phi},$$

где  $\Theta_{и}$  – затраты, оцениваемые от использования в управлении недостоверной (искажённой) информации о пассажиропотоках;  $\Theta_{\phi}$  – затраты, оцениваемые от использования в управлении информацией о фактическом (реальном) пассажиропотоке.

$$\begin{aligned} \Theta_{\phi} &= \Theta_{ож}^{\phi} + \Theta_{дв}^{\phi} = \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 N_{\phi}} + \Theta_{п} N_{\phi} = \\ &= \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 N_{\phi}} \left( \frac{\Theta_{п}}{\Theta_{п}} \right) + \Theta_{п} N_{\phi} = \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 \Theta_{п}} \frac{\Theta_{п}}{N_{\phi}} + \Theta_{п} N_{\phi} = \\ &= N_{\phi}^2 \frac{\Theta_{п}}{N_{\phi}} + \Theta_{п} N_{\phi} = \Theta_{п} N_{\phi} + \Theta_{п} N_{\phi}. \quad (10) \end{aligned}$$

Это выражение показывает, что при использовании в управлении информации о фактическом пассажиропотоке позволяет организовать перевозку пассажиров таким образом, что расходы организации-перевозчика (второе слагаемое в конечном результате) и затраты, связанные с ожиданием ТС пассажирами (первое слагаемое в конечном результате), равны друг другу, т.е. совпадают.

С учётом равенства (8) анализ формулы (9) показывает, что если используемая ин-

формация в управлении занижена ( $W < 1$ ), то первое слагаемое возрастает, а второе – убывает; если завышена ( $W > 1$ ), то первое слагаемое убывает, а второе – возрастает.

В этом случае необходимо определить суммарные затраты.

$$\begin{aligned} \Theta_{и} &= \Theta_{ож}^{и} + \Theta_{дв}^{и} = \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 N_{и}} + \Theta_{п} N_{и} = \\ &= \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 N_{и}} + \Theta_{п} N_{и} \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 \Theta_{п}} \frac{\Theta_{п}}{N_{и}} + \Theta_{п} N_{и} = \\ &= N_{\phi}^2 \frac{\Theta_{п}}{N_{и}} + \Theta_{п} N_{и} = \\ &= \frac{N_{\phi}^2 \Theta_{п}}{N_{\phi} \sqrt{W}} + \Theta_{п} N_{\phi} \sqrt{W} = \\ &= \frac{N_{\phi} \Theta_{п}}{\sqrt{W}} + \Theta_{п} N_{\phi} \sqrt{W} = \Theta_{п} N_{\phi} \frac{(1+W)}{\sqrt{W}}. \quad (11) \end{aligned}$$

Данное выражение имеет смысл при значениях  $0 < W < \infty$ .

Рассматривая (11) как функцию от  $W$ , получаем, что экстремальными точками функции  $\Theta_{и}(W)$  являются  $W = 1$  и  $W < \infty$ . Для данной задачи  $W = \infty$  не имеет практического значения. Ограничимся рассмотрением точки  $W = 1$ .

Анализ функции  $\Theta_{и}(W)$  показывает, что её график, как видно на рисунке, представляет собой кривую с минимальным значением в точке  $W = 1$ , а при  $W \rightarrow 0$  и  $W \rightarrow \infty$  численные значения функции приближаются к бесконечности.

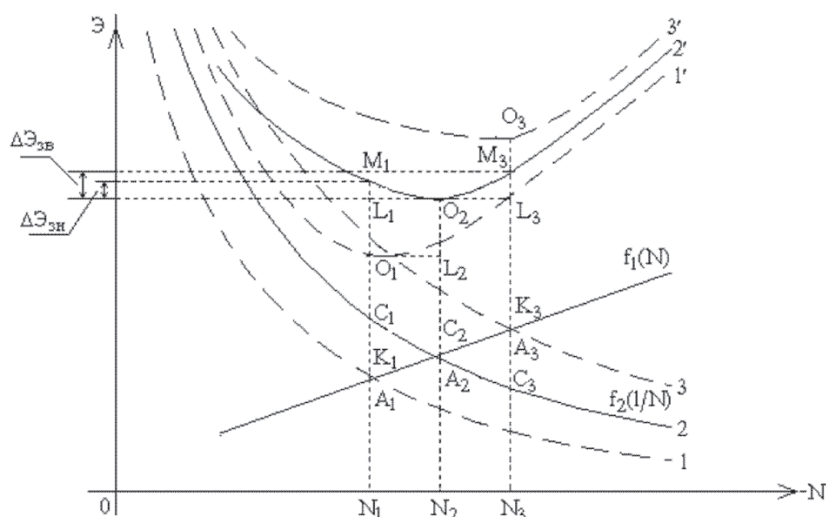
При значении  $W = 1$  функция равна

$$\Theta_{и}(W) = \Theta_{п} N_{\phi} \frac{(1+W)}{\sqrt{W}} = 2 \Theta_{п} N_{\phi} = \Theta_{\phi}.$$

Это означает, что суммарные минимальные затраты определяются при использовании в управлении информацией о фактическом (реальном) пассажиропотоке. Искажение же её, – как при  $W < 1$ , так и при  $W > 1$ , – приводит к увеличению суммарных затрат, связанных с организацией перевозок пассажиров.

Определим разницу затрат на организацию перевозочного процесса при объёме пассажирских перевозок  $A_{\phi}$  и  $A_{и}$ , если  $A_{и} = W A_{\phi}$

$$\begin{aligned} \Delta \bar{\Theta} &= \Theta_{и} - \Theta_{\phi} = \Theta_{ож}^{и} + \Theta_{дв}^{и} - \Theta_{ож}^{\phi} - \Theta_{дв}^{\phi} = \frac{T A_{и} C_{п}}{2 N_{и}} + \Theta_{п} N_{и} - \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 N_{\phi}} - \Theta_{п} N_{\phi} = \\ &= \left( \frac{T C_{п}}{2} \right) \left( \frac{A_{и}}{N_{и}} - \frac{A_{\phi}}{N_{\phi}} \right) + \Theta_{п} (N_{и} - N_{\phi}) = \left( \frac{T C_{п}}{2} \right) \left( \frac{A_{\phi} W}{N_{\phi} \sqrt{W}} - \frac{A_{\phi}}{N_{\phi}} \right) + \Theta_{п} (N_{\phi} \sqrt{W} - N_{\phi}) = \\ &= \left( \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 N_{\phi}} \right) (\sqrt{W} - 1) + \Theta_{п} N_{\phi} (\sqrt{W} - 1) = \left( \frac{T A_{\phi} C_{п}}{2 N_{\phi}} + \Theta_{п} N_{\phi} \right) (\sqrt{W} - 1) = \Theta_{\phi} (\sqrt{W} - 1). \quad (12) \end{aligned}$$



Зависимость эксплуатационных расходов организаций-перевозчиков и оценок времени на ожидание ТС пассажирами от размеров движения

Таким образом,  $\Delta\bar{\mathcal{E}} > 0$  при  $W > 1$ , и  $\Delta\bar{\mathcal{E}} < 0$  при  $W < 1$ .

Теперь определим разницу затрат, когда организация перевозочного процесса осуществлена при  $A_n$ , а фактически при этом перевезли  $A_\Phi$  пассажиров.

$$\begin{aligned} \Delta\mathcal{E} &= \mathcal{E}_n - \mathcal{E}_\Phi = \mathcal{E}_{\text{ож}}^n + \mathcal{E}_{\text{дв}}^n - \mathcal{E}_{\text{ож}}^\Phi - \mathcal{E}_{\text{дв}}^\Phi = \frac{TA_\Phi C_n}{2N_n} + \mathcal{E}_n N_n - \frac{TA_\Phi C_n}{2N_\Phi} - \mathcal{E}_n N_\Phi = \\ &= \left( \frac{TA_\Phi C_n}{2} \right) \left( \frac{1}{N_n} - \frac{1}{N_\Phi} \right) + \mathcal{E}_n (N_n - N_\Phi) = \left( \frac{TA_\Phi C_n}{2} \right) \left( \frac{1}{N_\Phi \sqrt{W}} - \frac{1}{N_\Phi} \right) + \mathcal{E}_n (N_\Phi \sqrt{W} - N_\Phi) = \\ &= \left( \frac{TA_\Phi C_n}{2N_\Phi} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{W}} - 1 \right) + \mathcal{E}_n N_\Phi (\sqrt{W} - 1) = \left( \frac{TA_\Phi C_n}{2N_\Phi} \right) \left( \frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_n} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{W}} - 1 \right) + \mathcal{E}_n N_\Phi (\sqrt{W} - 1) = \\ &= \left( \frac{TA_\Phi C_n \mathcal{E}_n}{2 \mathcal{E}_n N_\Phi} \right) \left( \frac{1}{\sqrt{W}} - 1 \right) + \mathcal{E}_n N_\Phi (\sqrt{W} - 1) = \left( \frac{N_\Phi^2 \mathcal{E}_n}{N_\Phi} \right) \left( \frac{1 - \sqrt{W}}{\sqrt{W}} \right) + \mathcal{E}_n N_\Phi (\sqrt{W} - 1) = \\ &= (\mathcal{E}_n N_\Phi) \left( \frac{1}{\sqrt{W}} - 1 \right) + \mathcal{E}_n N_\Phi (\sqrt{W} - 1) = \mathcal{E}_n N_\Phi \left( \frac{1}{\sqrt{W}} - 1 + \sqrt{W} - 1 \right) = \mathcal{E}_n N_\Phi \left( \frac{(1 - \sqrt{W})^2}{\sqrt{W}} \right) = \\ &= \mathcal{E}_n N_\Phi \left( \frac{(1 - \sqrt{W})^2}{\sqrt{W}} \right) = \mathcal{E}_n \frac{N_n}{\sqrt{W}} \left( \frac{(1 - \sqrt{W})^2}{\sqrt{W}} \right) = \mathcal{E}_n N_n \left( \frac{(1 - \sqrt{W})^2}{W} \right). \end{aligned} \quad (13)$$

Итак, любое искажение информации о пассажиропотоках (завышение или занижение её) в управлении перевозками пассажиров увеличивает материальные затраты на величину  $\Delta\mathcal{E} = \mathcal{E}_n N_n \left( \frac{(1 - \sqrt{W})^2}{\sqrt{W}} \right) \geq 0$  при любом  $W > 0$ .

В качестве примера рассмотрим объяснение полученных результатов графически, согласно рисунку.

Выражение (4) представим в таком виде:

$$f(N) = f_1(N) + f_2(1/N),$$

где  $f_1(N) = \mathcal{E}_n N$  – расходы, связанные с организацией перевозок;

$f_2(1/N) = \frac{TA_\Phi C_n}{2N}$  – расходы, связанные с ожиданием ТС пассажирами.

Кривая функции  $f_1(N)$  показывает расходы, связанные с организацией перевозок



пассажирам. С увеличением (уменьшением) ТС на маршруте увеличиваются (уменьшаются) и затраты организаций-перевозчиков.

Кривая функции  $f_2(1/N)$  показывает расходы, связанные с ожиданием ТС пассажирами при некотором конкретном пассажиропотоке. На рис. 1 кривая 2 показывает расходы, связанные с ожиданием ТС пассажирами при А пассажиропотоке, а кривые 1 и 3 при пассажиропотоках, отличных от А на  $\pm k\%$ .

Общие расходы, связанные с организацией перевозок и с ожиданием пассажирами ТС, на рис. 1 обозначены кривой 2' (при А пассажиропотоке). На графике видно, что минимальные расходы в этом случае оцениваются при выпуске на маршрут  $N_2$  ТС. При этом  $N_2A_2$  – расходы организаций-перевозчиков;  $N_2C_2$  – расходы, связанные с ожиданием ТС пассажирами, причём  $N_2A_2 = N_2C_2$ .

Общие минимальные затраты оцениваются отрезком

$$N_2O_2 = N_2A_2 + N_2C_2 = N_2A_2 + A_2O_2.$$

Рассмотрим два возможных случая в отношении используемой информации о пассажиропотоках при решении транспортных задач.

1. Допустим, что используемая в управлении перевозками пассажиров информация о пассажиропотоках занижена на  $k\%$ , т.е. затраты на ожидание пассажирами ТС при  $A_{зн}$  пассажиропотоке на рис. 1 изображены кривой 1, а общие расходы выражаются в этом случае кривой 1'.

При такой информации для минимизации расходов на перевозку пассажиров необходимо выпустить на маршрут  $N_1$  ТС. Общие минимальные расходы должны тогда оцениваться отрезком

$$N_1O_1 = N_1A_1 + N_1K_1 = N_1A_1 + A_1O_1.$$

Разница между минимальными расходами по организации перевозок пассажиров фактического (А) и искаженного ( $A_{зн}$ ) пассажиропотоков определяется следующим образом

$$\Delta \bar{\mathcal{E}}_{зн} = N_2O_2 - N_1O_1 = N_2O_2 - N_2L_2.$$

Вычисление этой величины осуществляется по формуле (12) при  $W < 1$ .

Учитывая, что расходы на перевозку фактического пассажиропотока оцениваются кривой 2', то и общие расходы определяются отрезком

$$N_1M_1 = N_1A_1 + N_1C_1 = N_1A_1 + A_1M_1 = N_1C_1 + C_1M_1.$$

В этом случае увеличиваются затраты на ожидание ТС пассажирами на величину  $K_1C_1 = O_1M_1$ , но в то же время расходы организаций-перевозчиков уменьшены ( $N_1A_1 = N_2A_2$ ) по сравнению с оптимальным

режимом управления. А суммарные расходы оказываются выше, чем при оптимальном режиме управления на величину  $\Delta \mathcal{E}_{зн}$

$$\Delta \mathcal{E}_{зн} = N_1M_1 - N_2O_2 = N_1M_1 - N_1L_1.$$

Вычисление этой величины осуществляется по формуле (13) при  $W < 1$ .

2. Допустим, что используемая в управлении перевозками пассажиров информация о пассажиропотоках завышена на  $k\%$ , т.е. затраты на ожидание пассажирами ТС при  $A_{зв}$  пассажиропотоке на рис. 1 изображены кривой 3, а общие расходы выражаются в этом случае кривой 3'.

При такой информации для минимизации расходов на перевозку пассажиров необходимо выпустить на маршрут  $N_3$  ТС. Общие минимальные расходы должны тогда оцениваться отрезком

$$N_3O_3 = N_3A_3 + N_3K_3 = N_3A_3 + A_3O_3.$$

Разница между минимальными расходами по организации перевозки пассажиров фактического (А) и искаженного ( $A_{зв}$ ) пассажиропотоков определяется следующим образом

$$\Delta \bar{\mathcal{E}}_{зв} = N_3O_3 - N_2O_2 = N_3O_3 - N_3L_3.$$

Вычисление этой величины осуществляется по формуле (12) при  $W > 1$ .

Учитывая, что расходы на перевозку фактического пассажиропотока оцениваются кривой 2', то и общие расходы определяются отрезком

$$N_3M_3 = N_3A_3 + N_3C_3 = N_3A_3 + A_3M_3 = N_3C_3 + C_3M_3.$$

В этом случае уменьшаются затраты на ожидание ТС пассажирами на величину  $C_3K_3 = O_3M_3$ , но в то же время расходы организаций-перевозчиков увеличены ( $N_3A_3 = N_2A_2$ ) по сравнению с оптимальным режимом управления. А суммарные расходы оказываются выше, чем при оптимальном режиме управления на величину  $\Delta \mathcal{E}_{зв}$

$$\Delta \mathcal{E}_{зв} = N_3M_3 - N_2O_2 = N_3M_3 - N_3L_3.$$

Вычисление этой величины осуществляется по формуле (13) при  $W > 1$ .

Таким образом, расчёт экономического эффекта за счёт повышения достоверности информации о пассажиропотоках в управлении перевозками пассажиров по маршруту осуществляется по формуле

$$\begin{aligned} \Delta \mathcal{E}_{\text{час}} &= \frac{(1-\sqrt{W})^2}{W} \mathcal{E}_{\text{н}} N_{\text{и}} = \\ &= \frac{(1-\sqrt{W})^2}{W} \mathcal{E}_{\text{н}} \sqrt{\frac{TA_{\text{и}} C_{\text{н}}}{2 \mathcal{E}_{\text{н}}}} = \\ &= \frac{(1-\sqrt{W})^2}{W} \sqrt{\frac{TA_{\text{и}} C_{\text{н}} \mathcal{E}_{\text{н}}}{2}}. \end{aligned}$$

В работе доказано, что суммарные минимальные затраты, связанные с организацией перевозок пассажиров, определяются при использовании в управлении информации о фактических пассажиропотоках. Искажение её, – как в сторону завышения ( $W > 1$ ), так и в сторону занижения ( $W < 1$ ), – приводит к увеличению суммарных затрат, связанных с организацией пассажирских перевозок. Показано, что при организации пассажирских перевозок по маршрутам города увеличение размеров движения подвижных единиц позволяет сократить затраты пассажирами на ожидание транспортных средств, однако приводит к росту эксплуатационных расходов организаций-перевозчиков. Уменьшение размеров движения подвижных единиц приводит к увеличению затрат пассажирами на ожидание транспортных средств, но при этом снижаются эксплуатационные расходы организаций-перевозчиков. Отмечено, что оптимизация размеров движения подвижных единиц возможна по суммарным минимальным затратам, связанным с ожиданием пассажирами транспортных средств и работой организаций-перевозчиков.

#### Список литературы

1. Варелопула Г.А., Крупник В.Ш. Расчётные методы определения пассажиропотоков // Расчётные методы определения структуры пассажиропотоков и составления маршрутных расписаний движения городских автобусов с помощью ЭВМ. – М.: ЦБНТИ, 1975. – С. 3–11.
2. Ембулаев В.Н., Дегтярёва О.Г. Метод научного подхода в исследовании транспортной системы крупного города // Вестник Владивостокского государственного университета

экономики и сервиса «Территория новых возможностей: проблемы, мнения, дискуссии, события». – Владивосток, ВГУЭС, 2013. – № 5(23). – С. 169–178.

3. Ембулаев В.Н., Дегтярёва О.Г., Белозерцева Н.П. Системный подход в теории и практике организации городских пассажирских перевозок. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2013. – 220 с.

4. Ембулаев В.Н., Николаева Л.А., Сербина Е.В. Инновационный подход к методам оценки информации в транспортной системе (на примере расчёта пассажиропотоков городского транспорта) // Журнал «Транспортное дело России». – 2009. – № 5(66). – С. 85–90.

5. Молодых И.А., Фатеев И.А. Основные направления развития городского пассажирского транспорта СССР // Проблемы развития систем городского пассажирского транспорта. – Ленинград: Ленинградское отделение «Наука», 1984. – С. 22–27.

#### References

1. Varelopula G.A., Krupnik V.Sh. Raschjotnye metody opredelenija passazhiropotokov // Raschjotnye metody opredelenija struktury passazhiropotokov i sostavlenija marshrutnyh raspisanij dvizhenija gorodskih avtobusov s pomoshhju JeVM. M.: CBNTI, 1975. pp. 3–11.

2. Embulaev V.N., Degtjarjova O.G. Metod nauchnogo podhoda v issledovanii transportnoj sistemy krupnogo goroda // Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta jekonomiki i servisa «Territorija novyh vozmozhnostej: problemy, mnenija, diskussii, sobytija». Vladivostok, VGUJeS, 2013. no. 5(23). p. 169–178.

3. Embulaev V.N., Degtjarjova O.G., Belozerceva N.P. Sistemyj podhod v teorii i praktike organizacii gorodskih passazhirskih perevozok. Vladivostok: Izd-vo VGUJeS, 2013. 220 p.

4. Embulaev V.N., Nikolaeva L.A., Serbina E.V. Innovacionnyj podhod k metodam ocenki informacii v transportnoj sisteme (na primere raschjota passazhiropotokov gorodskogo transporta) // Zhurnal «Transportnoe delo Rossii». 2009. no. 5(66). pp. 85–90.

5. Molodyh I.A., Fateev I.A. Osnovnye napravlenija razvitija gorodskogo passazhirskogo transporta SSSR // Problemy razvitija sistem gorodskogo passazhirskogo transporta. Leningrad: Leningradskoe otdelenie «Nauka», 1984. pp. 22–27.