

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ В ГОРОДСКОМ АВТОБУСНОМ СООБЩЕНИИ

к.т.н., доцент Кулиев Т. Д.  
д. ф. по механика Аллахвердиев Р. А.

*Азербайджанский Архитектурно – Строительный Университет*

**Abstract.** *The paper deals with the topical issue of urban transport aimed at ensuring the safety of the transportation process is an important condition for high quality passenger service. The basis of the reliability of the transportation process in the city bus service is the implementation of a given number of flights specified in the route schedule of movement. Studies have determined that due to the influence of various disturbing effects of the random nature of the number of flights specified in the timetable is not met and there is failure of the transportation process.*

*The article presents the science-based methods to determine the feasibility of reserve buses. It is known that the reservation is widely used in many fields of technology. Described in the article backup method is fundamentally different from the known method allows a differentiated approach to the definition of reserve buses and their use on routes. For the convenience of a nomogram developed determine the number of buses on standby periods of the day, which is shown in this article.*

*Rapid distribution of different brands of bus routes is one of the labor-intensive work of operational services of passenger transport companies. From the clear solution to this problem depends on the quality of passenger service on the entire route network of the city. To solve the problem of operational distribution between the routes of buses for the next day in the paper justified the proposed two criteria: coefficient - buses deficit on the routes and zero mileage for redundant buses under certain restrictions. The proposed criteria for the operational organizations for solving the problem of distribution of buses on routes allow you to create equal conditions of passengers travel on various routes, and efficiently distribute reserve buses on routes and ATP, where there is underproduction of buses on the line. The article also shows the developed block - diagram of operational distribution of different brands of buses on routes in the conditions of use reserve buses.*

*Creation of an automated control system is the main way of improving the integrated operation of road passenger transport. Baku is now to create a center of intellectual transport management based on the latest automated technology management. In these circumstances the main task of the transportation process is decided by two factors: the volume of movement and quality, ie, regularity, the effectiveness of which may be provided by the implementation of the recommendations in this article.*

**Ключевые слова:** *надежность, перевозочный процесс, резервные автобусы, городской транспорт, период суток, номограмма, графики движения, рейс, маршрут оперативное распределение, регулярность, автотранспортные предприятия.*

Важнейшим условием высокого качества обслуживания пассажиров является обеспечение надежности перевозочного процесса, т.е. осуществление перевозок в соответствии с разработанным планом. Основу надежности перевозочного процесса составляет выполнение заданного числа рейсов на каждом из маршрутов [1].

Потребность в автобусных перевозках заложена в расписаниях движения, на выполнение которых направлена вся деятельность автотранспортных предприятий (АТП). Но на практике имеют место сбои перевозочного процесса, происходят они, в основном, по причинам сходов автобусов с линии и невыпусков автобусов из парков. Разновидностью невыпуска является опоздание с выходом автобусов на линию. Частным случаем сходов являются заезды – сходы автобусов с маршрутов с последующим их повторным возвратом на линию в текущие сутки после ремонта.

Проведенные в г. Баку статические исследования показали, что ежедневная

необеспеченность маршрутов автобусами составляет 8 – 13%, а в определенные периоды суток необеспеченность пассажиро–перевозок автобусами еще выше.

Одним из эффективных методов обеспечения надежности перевозочного процесса является резервирование автобусов – передача части автобусов непосредственно в распоряжение центра интеллектуального управления транспортом для оперативного использования их на тех маршрутах, где по различным причинам произошел срыв расписания движения. Резервные автобусы не закрепляются за конкретными маршрутами и обеспечивают выполнение расписания взамен отсутствующих линейных автобусов.

Выпускаемые из АТП автобусы подразделяются на линейные и резервные, и при составлении сменно – суточного наряда планируют выпуск и тех и других. Линейные автобусы в отличие от резервных закрепляются за определенными маршрутами.

Резервные автобусы поступают в распоряжение эксплуатационной службы для отправления их на маршруты вместо сошедших с линии автобусов. Кроме того, резервные автобусы могут использоваться в случае недовыпуска автобусов в других АТП и для выпуска на те маршруты, где возникли незапланированные пассажиропотоки. Дислокацию резервных автобусов устанавливают в зависимости от населенности и размеров города, направляя их в заранее определенные контрольные пункты маршрутной сети или оставляя в АТП, а затем по распоряжению эксплуатационной службы посылают на конкретный маршрут вместо сошедших с линии автобусов.

При организации работы городского транспорта в условиях применения методов резервирования рекомендуется в графики движения закладывать 85% - 90% планируемых к выпуску автобусов. Остальные автобусы включают в состав резервной части с целью их дальнейшего оперативного использования при необеспечении потребного числа линейных автобусов на маршрутах.

Исходными данными для планирования и организация резерва автобусов являются результаты анализа выполнения плана – графика движения, проводимого в эксплуатационных службах. Потребное количество резервных автобусов определяется на месяц или квартал по материалам анализа предыдущего периода. Определить число резервных автобусов можно на основе аналитического расчета. Вывод аналитической формулы расчета количества резервных автобусов можно произвести следующим образом. Вначале определяется общее число автобусов, подлежащих выпуску  $N_B$ :

$$\begin{aligned} N_B &= N_\lambda + N_p = N_\lambda + x \cdot N_\lambda + x \cdot x \cdot N_\lambda + \dots + x \cdot x^{n-1} \cdot N_\lambda = \\ &= N_\lambda (1 + x + x^2 + \dots + x^n) = N_\lambda \frac{1}{1-x} \quad (\text{при } n \rightarrow \infty) \end{aligned} \quad (1)$$

где  $N_\lambda$  – количество автобусов, работающих на линии, ед.;

$N_p$  – количество резервных автобусов, ед.;

$X$  – теоретическое значение доли необеспеченности перевозок пассажиров автобусами.

Количество резервных автобусов можно определить по формуле

$$N_p = N_B - N_\lambda = N_\lambda \frac{1}{1-x} - N_\lambda = \left( N_\lambda \frac{1}{1-x} - 1 \right) = N_\lambda \frac{x}{1-x} = N_\lambda \cdot K_p \dots, \quad (2)$$

где  $K_p$  – коэффициент резервирования.

При выводе этой формулы допускается, что вероятности схода каждого линейного и резервного автобуса  $P_i$  равны и при количестве работающих автобусов, равном  $N$ , вероят-

ность возникновения сбоя процесса перевозок  $P_c$  может определяться выражением

$$P_c = 1 - (-P_1)^N \quad (3)$$

При большом количестве линейных автобусов необходимо учитывать вероятность сбоя процесса перевозок в плановом порядке и исходя из этого определять количество резервных автобусов.

При аналитическом методе определения числа резервных автобусов в качестве критерия целесообразно принять количество сходов автобусов с линии за определенный период с учетом ожидаемого изменения в планируемом периоде. Кроме того, в качестве критерия оптимизации можно принять теоретическое значение доли необеспеченности перевозок пассажиров автобусами. Эти критерии должны применяться с учетом конкретного распределения сбоев в движении автобусов во времени.

Для определения необходимого количества резервных автобусов учитывается то, что потребность в их выпуске взамен сошедших с линии обладает ярко выраженной суточной и внутрисуточной цикличностью. Поэтому время работы пассажирского транспорта в течение суток разбивают на пять периодов: первый – от начала движения до начала утренних часов пик, второй – утренние часы пик; третий межпиковое время; четвертый – вечерние часы пик; пятый – от окончания вечерних часов пик до закрытия движения транспорта.

В результате анализа неравномерности распределения сходов автобусов с линии по периодам суток устанавливается потребное количество выхода резервных автобусов. При этом учитывается следующее:

- в первом периоде резервные автобусы не выделяются, если сходы с линии составляют незначительную величину. В случае наблюдения систематических сходов с линии выделяются только резервные автобусы;
- во втором периоде резервные автобусы выделяются. В исключительных случаях можно воспользоваться автобусами, запланированными для прохождения ТО–2, но после окончания часов пик эти автобусы возвращаются в парк для профилактического ремонта;
- в третьем периоде в качестве резервных могут использоваться автобусы, направляемые в отстой в межпиковое время. При этом рекомендуется в плановом порядке часть таких автобусов включать в состав резерва;
- в четвертом периоде в состав резерва включаются автобусы, сошедшие с линии в начале дня и отремонтированные к началу вечерних часов пик. В этом периоде в качестве резервных можно использовать автобусы, прошедшие ТО – 2;
- в пятом периоде резерв восполняется автобусами ранних служб, которые по расписанию должны возвращаться в парк.

Расчет потребного количества выходов резервных автобусов на маршруты целесообразно проводить по каждой марке в разрезе периодов суток. Количество выходов резервных автобусов  $N_n$  по периодам суток можно определить по формуле

$$N_n = N_p \cdot K, \quad (4)$$

где  $K$  – долевое распределение необеспеченности перевозок пассажиров автобусами по периодам суток.

Для определения целесообразного количества резервных автобусов по периодам суток разработана номограмма, приведенная на рисунке 1.

Например, при  $N_3 = 580$  и  $X = 0,10$  по номограмме находим  $N_p = 63$ . Далее, при  $N_p = 63$  и  $X_i = 0,15$  находим, что необходимое количество резервных автобусов в  $i$  – ом периоде равняется 25 единицам.

Количество резервных автобусов специального назначения  $A_p$  с учетом изложенных корректировок определяется по формуле

$$A_P = N_P \cdot (N_p \cdot d_1 + K_{om} \cdot d_2 + K_{TO-2} \cdot d_3 + K_B \cdot d_4 + K_n \cdot d_5) \quad (5)$$

где  $N_P$  – потребное количество резервных автобусов, ед.;

$d_1$  – доля возврата сошедших с линии автобусов на маршруте за текущие сутки;

$K_{om}$  – количество автобусов в отстой в межпиковое время, ед.;

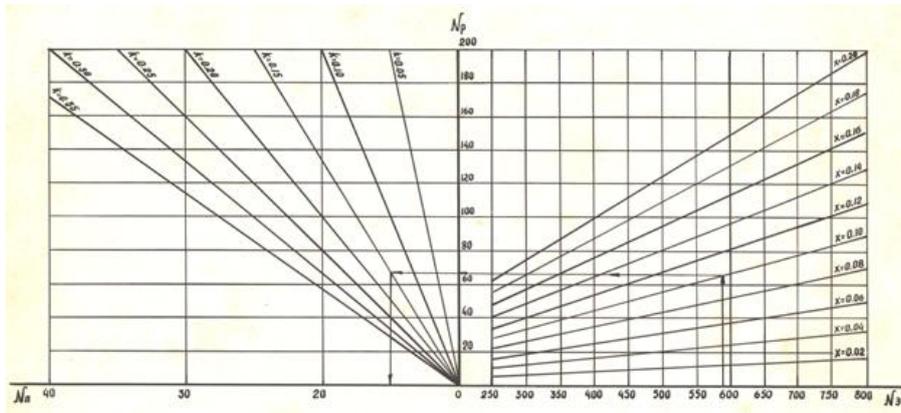


Рис. 1. Номограмма определения количества резервных автобусов при количестве автобусов в эксплуатации от 250 до 800 единиц

$d_2$  – доля автобусов, отправляемых в отстой, которые будут включены в резерв в межпиковое время;

$K_{TO-1}$  – количество автобусов, запланированных для прохождения ТО – 2, ед.;

$d_3$  – доля автобусов от величины  $K_{TO-2}$ , которые будут привлечены к резервному составу;

$K_B$  – количество автобусов ранних служб или автобусов, которые отправляются в парк в период уменьшения спроса после вечернего часа пик, ед.;

$d_4$  – доля автобусов от величины  $K_B$ , которые будут включены в состав резерва;

$K_n$  – количество прочих и заказных автобусов в парке, ед.;

$d_5$  – доля автобусов от величины  $K_n$ , которые в определенном периоде могут быть включены в резерв.

Ввиду того, что число резервных автобусов каждой марки определено, не всегда удастся обеспечить выделение на каждый маршрут, на котором произошел сход с линии, автобуса соответствующей марки. Поэтому при отсутствии в резерве автобуса определенной марки рекомендуется использовать автобус такого типа, который по вместимости в минимальной степени отличается от потребного.

Для определения количества резервных автобусов, сошедших с линии, по периодам суток используется формула

$$t = \frac{\sum_{j=1}^D t_j K_j}{\sum_{j=1}^D K_j}, \quad (6)$$

где  $K_j$  – количество сходов с линии автобусов по техническим причинам за  $j$  – й день;

$D$  – количество дней, за которые проводились наблюдения за статистическими данными.

Исходя из количества потребных выходов резервных автобусов по периодам суток устанавливаются контрольные задания по продолжительности и объему работы в автомобиле – часах для этих автобусов по маркам. Для установления такого контрольного задания можно пользоваться формулой

$$\sum T_{pi} = \sum_i T_i N_i^p = \sum_i (T_k - T_i^n) N_i^p \quad (7)$$

где  $T_{pi}$  – общий объем работы резервных автобусов за сутки, автомобиле – часы;

$T_i$  – продолжительность работы одного резервного автобуса, замещающего сошедший с линии автобус в периоде, ч.;

$i_p$  – номер периода;

$N_i$  – количество выходов резервных автобусов в соответствующем периоде, ед.;

$T_k$  – время окончания работы городского транспорта в текущих сутках, ч.;

$T_i^H$  – время начала  $i$  – го периода суток, ч.

После проведения расчета по каждой марке определяется объем работы резервных автобусов в целом по городу.

Для определения соответствия марки резервных автобусов потребной контрольное задание по объему работы резервных автобусов рекомендуется устанавливать в автобусо–место–часах по формуле

$$\sum AMЧ = \sum_m \sum_i T_i \cdot q_m \cdot N_{im}, \quad (8)$$

где  $m$  – индекс марки автобуса, зависящий от количества марок;

$T_i$  – продолжительность работы одного резервного автобуса, замещающего сошедший с линии в  $i$  – м периоде, ч.;

$q_m$  – вместимость автобуса марки  $m$ , мест;

$N_{im}$  – количество выходов резервных автобусов марки  $m$  в  $i$  – м периоде.

Эффективность организации работы резервных автобусов определяется коэффициентом организации работы резерва  $K_{\varepsilon p}^1$ , рассчитываемым по формуле

$$K_{\varepsilon p}^1 = \frac{\sum AMЧ_p}{\sum AMЧ_c} \quad (9)$$

где  $AMЧ_p$  – объем работы, выполненный резервными автобусами, автобусо – место – часы;

$AMЧ_c$  – невыполненный объем работы автобусов на маршрутах, автобусо – место – часы.

Эффективность использования запланированных резервных автобусов определяется коэффициентом использования резерва  $K_{\varepsilon p}^2$ , рассчитываемым по формуле

$$K_{\varepsilon p}^2 = \frac{\sum AMЧ_{фп}}{\sum AMЧ_{плр}} \quad (10)$$

где  $AMЧ_{фп}$  – фактический объем работы резервных автобусов, автобусо – место – часы;

$AMЧ_{плр}$  – плановый объем работы резервных автобусов, автобусо – место – часы.

Анализ условий формирования управляющих воздействий при неполном выпуске автобусов на линию показал, что для составления оптимального суточного наряда на выпуск по всем маршрутам работа диспетчеров должна быть направлена на обеспечение равенства

условий проезда пассажиров на всех маршрутах. Для того чтобы добиться этого равенства, должна быть решена задача рационального распределения автобусов по маршрутам на предстоящие сутки. Задача может быть сформулирована следующим образом. В городе имеется несколько автобусных парков, в каждом из которых есть определенное количество автобусов разных марок; маршрутная сеть включает определенное число маршрутов, для них запланировано известное количество автобусов определенной марки; автобусы, выпускаемые на маршрут, подразделены на линейные и резервные, тех и других запланировано известно количество раздельно по всем маркам автобусов, которыми располагает автобусный парк; нулевой пробег от каждого автобусного парка до всех начальных остановочных пунктов известен. Требуется так распределить автобусы по маршрутам при составлении суточного наряда на их выпуск на линию, чтобы обеспечить равные условия проезда пассажиров на различных маршрутах с рациональным распределением резервных автобусов между парками и маршрутами. Анализ работы пассажирского транспорта Баку показал, что эту задачу приходится решать почти ежедневно.

Для решения задачи оперативного распределения автобусов между маршрутами на предстоящие сутки, когда ряд АТП по разным причинам не может обеспечить плановый выпуск автобусов, целесообразно использовать два критерия: коэффициент дефицита автобусов на маршрутах и нулевой пробег для резервных автобусов при определенных ограничениях.

Первый критерий предусматривает

$$\sum_{j=1}^n |K_d(A_j) - K_{dcp}| \rightarrow \min, \quad (11)$$

где  $K_d(A_j)$  – коэффициент дефицита автобусов на маршруте при числе автобусов, равном  $A_j$ ;

$A_j$  – число автобусов, работающих на  $j$  – м маршруте;

$K_{dcp}$  – средняя величина коэффициента дефицита автобусов по всем маршрутам, на которых работают автобусы одной марки ( $K_{dcp} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n K_d(A_j)$ ;  $n$  – число маршрутов при

$\sum_{j=1}^n A_j = A_{ос}$ , где  $A_{ос}$  – общее количество автобусов одной марки, выпущенных на линию).

Принятый критерий позволяет добиться максимального сближения условий проезда пассажиров на различных маршрутах. Однако добиться абсолютного равенства степени удовлетворения потребностей в перевозках на всех маршрутах не всегда возможно, так как число работающих на линии автобусов есть целая величина. Кроме того, выравнивание условий перевозок на маршрутах осуществляется в рамках одного АТП. Привлечение автобусов из других парков целесообразно осуществлять только за счет их резервной части.

Формирование резерва осуществляется при достижении  $K_d = 0$  по всем маршрутам АТП. При наличии резервных автобусов независимо от их принадлежности они направляются для устранения недовыпуска с выравниванием дефицита автобусов между АТП. После распределения резервных автобусов по АТП, которые не обеспечили плановый выпуск автобусов, определяется, из какого парка и на какой маршрут направить резервный автобус. В этом случае за критерий оптимальности нужно принять минимум затрат на нулевой пробег.

При решении задачи распределения автобусов по маршрутам необходимо выполнять следующие требования:

- на каждом маршруте должны работать автобусы одной марки;
- закрепление линейного автобуса одного парка за маршрутом другого парка не допускается;
- число автобусов на каждом маршруте не должно превышать их количества, предусмотренного расписанием;

- число автобусов на маршруте, привлекаемых из резерва, должно быть минимальным.

Сформулированная задача является комбинаторной, так как требует перебора различных вариантов распределения автобусов между маршрутами. При этом число вариантов настолько велико, что прямым перебором данная задача не может быть решена. Для реализации этой задачи разработаны (см. рис. 2) алгоритм и для ее решения с помощью вычислительно техники.

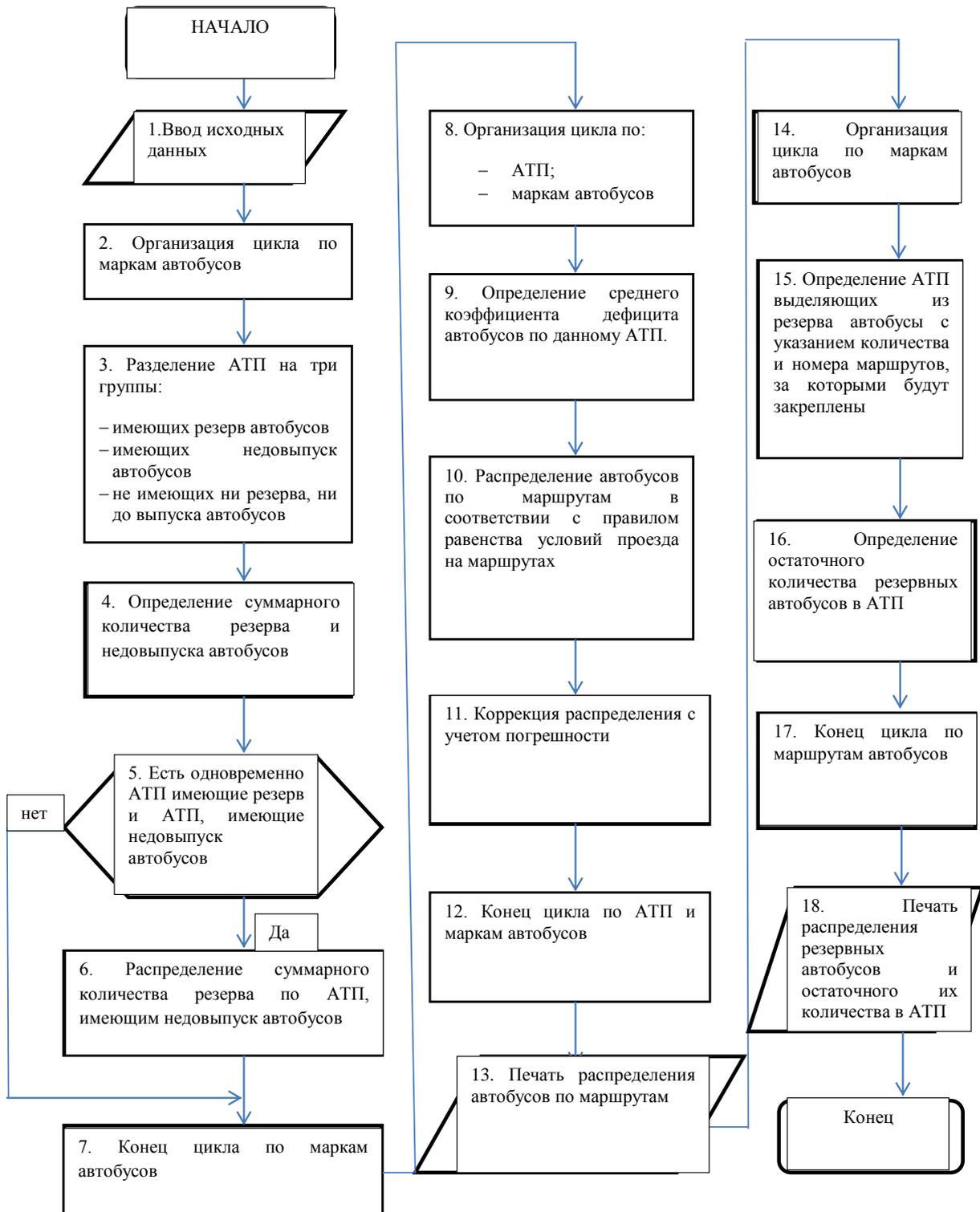


Рис. 2. Блок – схема алгоритма оперативного распределения автобусов разных марок по маршрутам в условиях применения резерва автобусов

Оперативное распределение автобусов разных марок по маршрутам является одной из трудоемких работ эксплуатационных служб пассажирских автопредприятий, от четкого решения данной задачи зависит качество обслуживания пассажиров на всей маршрутной сети города. Принятые критерии оптимизации решения задачи оперативного распределения автобусов по маршрутам позволяют создать равные условия проезда пассажиров на различных маршрутах и эффективно распределить резервные автобусы по маршрутам и АТП, где имеется невыпуск автобусов на линию.

Приведенные закономерности изменения характеристик перевозочного процесса являются типичными для многих городов, а методика резервирования может быть использована при создании резервного парка автобусов в городах.

Для рациональной организации перевозок в условиях резервирования нужно четко спланировать и организовать работу водителей. В литературе [2] рассматриваются различные варианты организации труда водителей в условиях создания резерва автобусов, поэтому здесь эти вопросы подробно рассматриваться не будут.

Резервирование автобусов позволяет уменьшить затраты времени пассажиров на ожидание автобуса, повысить регулярность движения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спирин И.В. Оптимизация городских автобусных перевозок. – М.: Транспорт, 1985.
2. Спирин И.В. Резервирование автобусов на городском транспорте. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1980.