

05.22.02.45)
3-259

МИНИСТЕРСТВО ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

Ордена Трудового Красного Знамени Академия
коммунального хозяйства им. К.Д.Пемфилова

На правах рукописи

ЗАЯПИНА НЕЛЛЯ НИКОЛАЕВНА

ВЛИЯНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ НА КАЧЕСТВО
ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

05.22.02. Транспортные системы городов и промыш-
ленных центров

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ЧПИ

Москва - 1981

Работа выполнена в Челябинском политехническом институте
им. Ленинского комсомола.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
Д.В.Игнатьев.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
В.В.Шештокос,

кандидат технических наук, доцент
Р.В.Горбачев.

Ведущая организация - МосгортрансНИИпроект.

Защита состоится "___" _____ 1981 года в 10 часов
на заседании специализированного совета К 091.01.01 в Ордена
Трудового Красного Знамени Академии коммунального хозяйства
им. К.Д.Памфилова по адресу: 123373, Москва, Волоколамское
шоссе, 116.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии
коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова.

Автореферат разослан "___" _____ 1981 г.

Ученый секретарь
специализированного совета

Е.З.Ясин



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" отмечается, что основной задачей транспорта является "полное и своевременное удовлетворение народного хозяйства и населения в перевозках, повышение эффективности и качества работы транспортной системы".

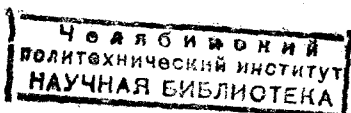
На сегодняшний день запросы населения в перевозках удовлетворяются не полностью. Перевозки сопровождаются большими затратами времени на ожидание транспортных средств и поездку. Наполнение салона в часы пик превышает допустимые нормы, обеспечивающие комфортабельные условия перевозки. Такие поездки отнимают у населения много времени, сопровождаются трудностями посадок и пересадок, создают "транспортную усталость", сокращают свободное время трудящихся.

Непрерывный рост пассажирских и транспортных потоков приводит к насыщению городской сети транспортными средствами. Это вызывает задержки транспортных единиц на остановочных пунктах (ОП), которые увеличивают время ожидания и поездки пассажиров, нарушают регулярность движения, приводят к неравномерной загрузке транспортных единиц. Особенно велики эти задержки в часы пик, составляя на отдельных ОП до 100% времени посадки и высадки пассажиров.

Комплексное исследование роли ОП в системе массового городского пассажирского транспорта (МПТ) занимает в решении задач повышения качества пассажирских перевозок одно из центральных мест. Совершенствование перевозочного процесса за счет увеличения пропускной способности и эффективности использования ОП является одним из резервов улучшения транспортного обслуживания населения.

Целью работы является совершенствование перевозок пассажиров массовым МПТ на основе использования разработанных рекомендаций, повышающих пропускную способность и эффективность использования ОП.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились



на базе методов теории вероятностей, математической статистики, теории массового обслуживания и стохастического моделирования.

Экспериментальные исследования проводились на ОП, в пересадочных узлах и общегородских магистралях с помощью методов глазомерного обследования.

Объектом исследования является процесс функционирования совокупности ОП маршрутизированного ГПТ (автобусов и троллейбусов) на городской магистрали.

Научная новизна заключается в комплексном подходе к исследованию функционирования ГПТ на ОП. На основе построенной математической модели разработана новая методика определения пропускной способности ОП, учитывающая наиболее полно весь комплекс стохастических и детерминированных факторов. Имитационная модель функционирования ГПТ в пересадочном узле позволила впервые исследовать влияние пассажиров, совершающих пересадку, на среднее время ожидания и на основе полученных закономерностей определить количественные характеристики перевозочного процесса для обеспечения качественного обслуживания пассажиров. Разработанная имитационная модель функционирования ГПТ на ОП городских магистралей отличается от известных детализаций прохождения ОП и пересадочных узлов транспортными единицами и учитывает взаимодействие налегающих маршрутов. Модель позволяет исследовать зависимости параметров, характеризующих качество пассажирских перевозок, от пропускной способности и эффективности использования ОП.

Практическая ценность. Выполненные исследования позволили разработать методики и программные комплексы "Определение качества обслуживания пассажиров" и "Оптимизация работы остановочных пунктов", которые используются в автоматизированной системе управления пассажирскими перевозками, разработанной Одесским кустовым информационно-вычислительным центром.

Методика и комплекс программ по определению пропускной способности ОП используются Челябинским трамвайно-троллейбусным управлением при обосновании реконструкции городских магистралей, организации новых маршрутов ГПТ, внедрении мероприятий по увеличе-

нию эксплуатационной скорости ГПТ. На основе этой методики была проведена реконструкция нескольких ОП и разработан комплекс мероприятий по совершенствованию работы ГПТ на 1981-1985 годы.

Разработанные в диссертации методика и программный комплекс по совершенствованию организации пассажирских перевозок на городских магистралях внедрены в конструкторско-технологическом бюро Южно-Уральского территориально-транспортного управления. Использование методики и программ позволило сократить труд инженерно-технических работников по планированию и организации пассажирских перевозок.

Апробация работы. Основные положения диссертации обсуждались и были одобрены на научно-технических конференциях в 1975-1981 гг и на первой научно-технической конференции молодых ученых и специалистов в 1977 году в Челябинском политехническом институте имени Ленинского комсомола; на зональных семинарах "Экономико-математические методы в планировании и управлении" в г. Челябинске в 1975-1978 гг; на зональных семинарах "Город-транспорт-человек" в г. Челябинске в 1978 и 1980 г; на 4-й Ленинградской научно-технической конференции "Город и транспорт" в 1979 г; на всесоюзной научно-технической конференции "Развитие сети городских улиц и дорог" в г. Шуляй в 1981 г.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 9 статьях общим объемом 2 п.л.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения и содержит 146 страниц машинописного текста, 12 таблиц, 34 рисунка, список литературы из 132 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность рассматриваемых в диссертационной работе вопросов и их место в решении проблемы повышения качества пассажирских перевозок.

В первой главе дается анализ литературных источников, освещающих вопросы совершенствования пассажирских перевозок за счет повышения пропускной способности и эффективности использования ОП. Под пропускной способностью ОП понимается максимальное число транспортных единиц, которое может быть пропущено через ОП в единицу времени. Эффективное использование ОП подразумевает пропуск такого количества транспортных средств, при котором затраты времени последних на ожидание въезда на ОП и выезда с него (непроизводительные затраты времени) не превышают некоторой заданной величины, характеризующей качество функционирования ОП.

В исследованиях многих авторов показано, что при больших пассажирообменах остановок и высоких интенсивностях потоков ППТ ОП являются источниками непроизводительных затрат времени, вызываемых задержками транспортных единиц при въезде на ОП и выезде с него; приведены методы определения пропускной способности ОП для разных пассажирообменов ОП и типов подвижного состава. Однако исследования не свободны от некоторых недостатков. В частности, отсутствует анализ непроизводительных затрат времени на ОП и критерий качества функционирования ОП, приняты жесткие ограничения на входные параметры.

Исследования времени ожидания ограничены рассмотрением простейшего потока пассажиров на ОП, что исключает применение результатов в случаях, когда ОП является частью пересадочного узла и на него прибывают пассажиры, совершающие пересадку.

Кроме того не проведено исследований влияния пропускной способности и эффективности использования ОП на количественные и качественные характеристики пассажирских перевозок.

На основе анализа литературных источников и в соответствии с целью диссертационной работы сформулированы конкретные задачи исследования:

1. Провести анализ непроизводительных затрат времени на ОП;
2. Выбрать и обосновать критерий качества функционирования ОП;
3. Разработать методику определения пропускной способности ОП;
4. Оценить среднее время ожидания пассажиром транспортной единицы в пересадочном узле;

5. Исследовать влияние пропускной способности и эффективности использования ОП на количественные и качественные параметры пассажирских перевозок;

6. Разработать рекомендации по повышению пропускной способности и эффективности использования ОП.

Для решения поставленных задач построены иерархический комплекс имитационных моделей, сущность которых заключается в искусственном воспроизведении реальных процессов с помощью специально построенных математических моделей в памяти ЭВМ.

Вторая глава посвящена методике проведения натурного обследования и обработке его результатов.

Принятые методы решения поставленных задач требуют обширного статистического материала, необходимого для оценки величин интенсивностей входящего пассажирского потока и потока ППТ, статистической проверки соответствия фактических распределений теоретическим, статистической оценки характера связей между параметрами функционирования ППТ, проверки адекватности модели изучаемому процессу и т.д. В соответствии с этим были проведены эксперименты по статистическому исследованию работы ППТ (автобусов и троллейбусов) на ОП, в пересадочных узлах и на общегородских магистралях.

В результате натурного обследования функционирования маршрутов ППТ установлено, что транспортные единицы прибывают на ОП с отклонениями от графика, являющимися реализациями случайной величины, имеющей нормальное распределение со среднеквадратическим отклонением, зависящим от интервала движения транспортных единиц. Кроме того, получена зависимость времени пробега транспортными единицами дистанции между ОП от её длины, интенсивности общего транспортного потока, количества препятствий (стрелок, светофоров, объездов и т.д.).

Обследование функционирования ОП показало, что время, необходимое на занятие или освобождение ОП, является случайной величиной, закон распределения которой зависит от места транспортной единицы в очереди на въезд на ОП или выезд с него. В таблице приведены законы распределений этих величин для указанных ситуаций, где ξ является нормально распределенной случайной величиной с

параметрами $(0, I)$, а S - равномерно распределенной случайной величиной на отрезке $[0, I]$.

Таблица

Время занятия и освобождения ОП

Характеристика положения транспортной единицы в очереди	Время занятия ОП, с	Время освобождения ОП, с
Нет очереди	0	$7,39 \exp(0,8 \xi)$
Первая в очереди	$13+6 \xi$	$6,42 \exp(0,8 \xi)$
i -ая в очереди ($i > 1$)	12ξ	$5+3 \xi$

В результате исследования процесса посадки и высадки пассажиров установлено, что количество выходящих пассажиров является случайной величиной, логарифм которой имеет нормальное распределение со средним, равным среднему количеству выходящих пассажиров, и среднеквадратическим отклонением $0,73$, а время посадки и высадки одного пассажира - нормально распределенной случайной величиной со средним и дисперсией, зависящими от наполнения транспортной единицы.

Время посадки и высадки всех пассажиров

$$t_{\text{обсл}} = \frac{1}{\rho_1} \sum_{i=1}^n (t_{\text{пос}} + S_{\text{пос}} \xi) + \frac{1}{\rho_2} \sum_{i=1}^m (t_{\text{выс}} + S_{\text{выс}} \xi), \quad (I)$$

где $t_{\text{пос}}$, $t_{\text{выс}}$ и $S_{\text{пос}}$, $S_{\text{выс}}$ - соответственно среднее время и среднеквадратическое отклонение времени посадки и высадки одного пассажира;

n, m - количество входящих и выходящих пассажиров;

ρ_1, ρ_2 - коэффициенты, характеризующие использованные пропускной способности дверей транспортной единицы.

Коэффициенты ρ_1 и ρ_2 зависят от суммарного количества входящих и выходящих пассажиров и их значения получены для основных типов подвижного состава, эксплуатируемых на ППТ.

В третьей главе решены задачи определения пропускной способности и эффективности использования ОП, включающие:

исследование факторов, влияющих на величину непроизводитель-

ных затрат времени транспортными единицами на ОП;
 выбор и обоснование критерия качества работы ОП;
 определение пропускной способности ОП;
 определение емкости ОП.

Решение задач проведено на имитационной модели функционирования ОП, основные моменты которой отмечены ниже.

Время прибытия j -ой транспортной единицы i -го маршрута к ОП

$$t_{\text{приб}}^{(i)}(j) = \begin{cases} t_i + \xi / \mu_i, & j=1, \\ t_{\text{приб}}^{(i)}(j-1) + (j-1) / \mu_i + S_i \xi, & j>1, \end{cases} \quad (2)$$

где t_i - начало времени наблюдения за работой ОП;
 μ_i - интенсивность потока ПТ i -го маршрута;
 S_i - среднеквадратическое отклонение времени прибытия транспортной единицы по графику.

Время прибытия транспортной единицы на k -ое место стоянки ОП

$$t_{\text{вст}}^{(k)} = \begin{cases} t_{\text{приб}}^{(i)}(j), & \text{нет очереди,} \\ t_{\text{отпр}}^{(m)} + 15 + 6 \xi, & \text{первая в очереди,} \\ t_{\text{вст}}^{(k-1)} + 12 \xi, & n\text{-ая в очереди } (n>1), \end{cases} \quad (3)$$

где $t_{\text{отпр}}^{(m)}$ - время освобождения последнего места стоянки ОП.

Количество свободных для посадки мест

$$C_j^{(i)} = W^{(i)} - (r^{(i)} + 15 \xi) + 0,77 Z^{(i)} \exp(0,73 \xi), \quad (4)$$

где $W^{(i)}$ - вместимость подвижного состава i -го маршрута ПТ;
 $r^{(i)}$ - среднее количество пассажиров в транспортной единице i -го маршрута;
 $Z^{(i)}$ - среднее количество пассажиров, выходящих из транспортной единицы i -го маршрута.

Количество входящих пассажиров

$$D_j^{(i)} = \begin{cases} \rho_j^{(i)} \frac{C_j^{(i)}}{\sum_{k=j}^{j+l_i} C_k^{(i)}}, & \rho_j^{(i)} < \sum_{k=j}^{j+l_i} C_k^{(i)}, \\ C_j^{(i)}, & \rho_j^{(i)} \geq \sum_{k=j}^{j+l_i} C_k^{(i)}, \end{cases} \quad (5)$$

где $\rho_j^{(i)}$ - очередь пассажиров в j -ую транспортную единицу i -го маршрута;
 ν_i - количество транспортных единиц i -го маршрута на ОП.

Время обслуживания определяется по формуле (I). Время отправления

$$t_{отпр}^{(k)} = \begin{cases} t_{вст} + t_{обсл} + 7,39 \exp(0,8 \xi), & \text{нет очереди,} \\ t_{отпр}^{(k-1)} + 6,42 \exp(0,8 \xi), & \text{первая в очереди, (6)} \\ t_{отпр}^{(k-1)} + 5 + 3 \xi, & n\text{-я в очереди } (n > 1). \end{cases}$$

Проверка адекватности модели проведена по одиннадцати ОП г. Челябинска с помощью критерия Манна-Уитни проверки гипотезы об однородности выборок.

Эксперимент на модели показал, что непроизводительные затраты времени транспортными единицами на ОП зависят от интенсивности потока и количества маршрутов ИПТ, пассажирообмена и количества мест стоянки ОП, типа подвижного состава на маршрутах (рис. I).

Непроизводительные затраты времени на ОП возникают при весьма низких интенсивностях потока ИПТ (около 40 ед/ч). Варьированием входных параметров всегда можно добиться абсолютной минимизации непроизводительных затрат. Однако с точки зрения создания максимальных удобств для пассажиров нецелесообразно рассматривать ОП с большим (более трех) количеством мест стоянки. Кроме того, абсолютная минимизация непроизводительных затрат приводит к экономически невыгодному использованию материально-технических ресурсов.

Возникающие естественные ограничения на параметры ОП приводят при выборе критерия эффективности функционирования ОП к рассмотрению величины F , характеризующей долю непроизводительных затрат во времени посадки и высадки пассажиров. В зависимости от степени развития транспортной сети города, наличия ресурсов подвижного состава, потребности в перевозках и прочих факторов выбирается величина δ , характеризующая эффективность использования ОП.

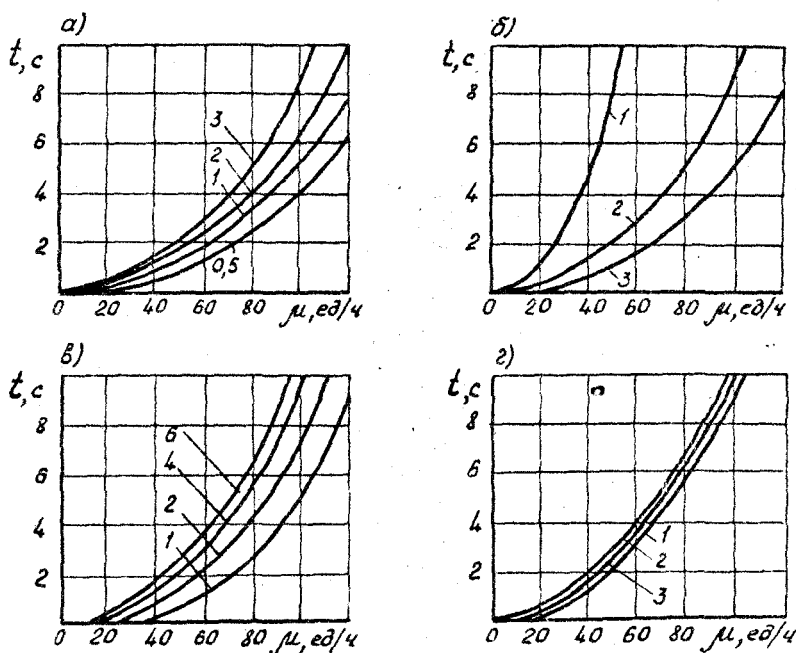


Рис. I. Непроизводительные затраты времени для:
 а) пассажирообмена ОП 0,5; 1; 2; 3 тыс. пасс;
 б) 1, 2, 3 мест стоянки на ОП;
 в) 1, 2, 4, 6 маршрутов ПТ;
 г) структур потока ПТ (1- автобусы, 2- троллейбусы, 3- автобусы и троллейбусы).

Функционирование ОП является качественным, если $F \leq \delta$. Это неравенство используется в качестве критерия эффективности функционирования ОП. Исследования показали, что в практических ситуациях величину δ следует брать равной 15-20%. Важной особенностью предложенного критерия является его независимость от пассажирообмена ОП, что позволяет эффективно управлять функционированием ОП.

На основе этого критерия в диссертации разработаны методические рекомендации, позволяющие определить пропускную способность, емкость ОП, а также оценить соответствие пропускной способности реальному потоку ИТГ.

Согласно рекомендациям пропускная способность ОП определяется формулой

$$P = P' K \alpha \chi, \quad (7)$$

где P' - величина пропускной способности ОП, располагающего одним местом стоянки и обслуживающего один маршрут автобусов (рис. 2);

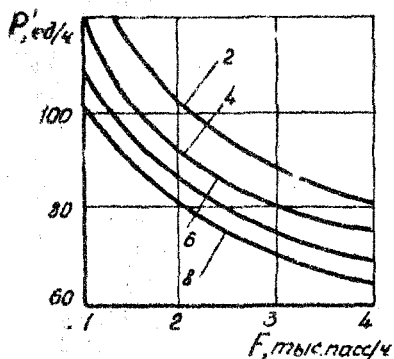


Рис. 2. Зависимость P' от пассажирооборота ОП для заполнения автобусов 2, 4, 6 и 8 пасс/м²

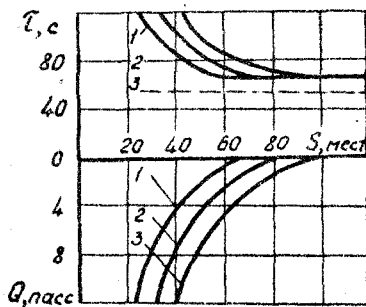


Рис. 3. Среднее время ожидания и очередь необслуженных пассажиров для собственных (1), смешанных (2) и пересадочных (3) потоков пассажиров на ОП

K - коэффициент, учитывающий влияние количества мест стоянки M на ОП и случайных факторов:

$$K = \begin{cases} 0,60, & M=1, \\ 1,07, & M=2, \\ 1,26, & M=3, \end{cases} \quad (8)$$

α - коэффициент, учитывающий количество маршрутов R , проходящих через ОП:

$$\alpha = \begin{cases} 1, & R=1, \\ 0,96 - 0,01 R, & R>1, \end{cases} \quad (9)$$

γ - коэффициент, учитывающий структуру потока ППТ:

$$\gamma = 1 - 0,05 E. \quad (10)$$

Здесь E - доля троллейбусов и сочлененных автобусов в общем потоке ППТ, проходящем через ОП.

Для определения емкости ОП необходимо найти величину

$$K = \frac{\mu}{P' \alpha \gamma}, \quad (11)$$

где μ - интенсивность потока ППТ, проходящего через ОП. Необходимое число мест стоянки на ОП определяется проверкой выполнения неравенств

$$\begin{aligned} K &\leq 0,6 && \text{- одно место стоянки;} \\ 0,6 &< K \leq 1,07 && \text{- два места стоянки;} \\ 1,07 &< K \leq 1,26 && \text{- три места стоянки;} \\ K &> 1,26 && \text{- рассредоточение ОП.} \end{aligned} \quad (12)$$

Определение соответствия пропускной способности ОП интенсивности потока ППТ выполняется проверкой условия

$$\sum_{i=1}^R \mu_i \leq P. \quad (13)$$

Неполнение транспортной единицы при определении величины P' берется средневзвешенным.

На основе разработанных методических рекомендаций было реконструировано несколько ОП общегородских магистралей г. Челябинска.

Четвертая глава посвящена определению среднего времени ожидания пассажиром транспортной единицы в пересадочных узлах. Исследование проведено на модели функционирования ОП, описанной выше и дополненной блоками определения количества пересадочных пассажиров и времени ожидания.

Количество пассажиров, совершающих пересадку с i -го ОП пересадочного узла на рассматриваемый ОП

$$G_i = \sum_{j=1}^{\mu_i} 0,77 \lambda_i \exp(0,73 \xi_j), \quad (14)$$

где μ_i - количество транспортных единиц, прибывших на i -ый ОП за промежуток времени между прибытиями двух соседних транспортных единиц на рассматриваемый ОП.

Очередь на посадку складывается из трех составляющих: пассажиров, совершающих пересадку со смежных ОП пересадочного узла (пересадочных пассажиров); пассажиров, оставшихся необслуженными предыдущими транспортными единицами; вновь прибывших пассажиров.

В соответствии с этим время ожидания j -ым пассажиром i -ой транспортной единицы

$$\tau_j = \begin{cases} t_{\text{прив}}^{(i)} + \ln \xi_j / \lambda_i & - \text{вновь прибывшие пассажиры;} \\ t_{\text{прив}}^{(i)} - t_{\text{прив}}^{(j)} & - \text{пересадочные пассажиры;} \\ t_{\text{прив}}^{(i)} - t_{\text{прив}}^{(i)} + \tau_m & - \text{необслуженные пассажиры.} \end{cases} \quad (15)$$

Эксперимент на модели показал, что с увеличением в общем потоке доли пересадочных пассажиров на рассматриваемый ОП растет очередь необслуженных пассажиров и, следовательно, среднее время ожидания (рис. 3, где пунктирной линией отмечена величина, равная половине интервала между прибытиями транспортных единиц, принимаемая в проектной практике за среднее время ожидания).

На величину среднего времени ожидания влияет не только доля пересадочных пассажиров, но и частота их прибытия. При фиксированном количестве пассажиров, совершающих пересадку на рассматриваемый ОП, среднее время ожидания растет с увеличением интервала времени между прибытиями пересадочных пассажиров.

Проведенные исследования показали, что при определении среднего времени ожидания и необходимого количества свободных для посадки мест в транспортной единице на ОП, имеющих пересадочных пассажиров, обязательно следует учитывать влияние последних на искомые характеристики.

В работе проведено исследование зависимости необходимого количества свободных мест от доли пересадочных пассажиров в общем потоке ПИТ, включающее различные условия обслуживания пасса-

жиров ПТТ (безотказное обслуживание, обслуживание с отказами, ограничения на заполнения транспортных единиц и т.д.).

В пятой главе рассмотрены методы повышения качества обслуживания пассажиров за счет сокращения непроизводительных затрат времени транспортными единицами на ОП. Исследованы зависимости среднего времени ожидания пассажиром транспортной единицы, времени поездки, наполнения салона и прочих факторов от пропускной способности и эффективности использования ОП.

Повышение пропускной способности ОП достигается их рассредоточением или увеличением ёмкости, а увеличение эффективности использования - введением экспресс-маршрутов и движения по системе многих единиц; заменой подвижного состава на более вместимый или маневренный, перенесением части маршрутов на соседнюю магистраль.

Для исследования влияния пропускной способности и эффективности использования ОП на количественные и качественные характеристики пассажирских перевозок разработана имитационная модель функционирования ПТТ на ОП городской магистрали. Взаимодействие налегающих маршрутов учитывается распределением очереди пассажиров по маршрутам ПТТ.

Дисциплина формирования очереди пассажиров зависит от прибывшего ν -го маршрута. Для маршрутов, проходящих только через рассматриваемые ОП магистрали или входящих на них и далее следующих только через них, очередь полностью определяется матрицей пассажирских корреспонденций $\{N_{ij}\}$

$$z_i^\nu = \frac{\sum_{j=1}^n N_{ij}^\nu \Delta t}{\sum_{j>i \wedge A_{\nu j}=1} N_{ij}}, \quad (16)$$

где $A_{\nu j} = \begin{cases} 1, & \text{если } \nu\text{-ый маршрут проходит через } i\text{-ый ОП;} \\ 0 & \text{- в противном случае.} \end{cases}$

Для маршрутов, уходящих с рассматриваемых ОП магистрали

$$z_i^\nu = \sum_{j=1}^n \beta_j, \quad (17)$$

где

$$\beta_j = \begin{cases} 0, & B_{\nu i} > S, \\ 1, & B_{\nu i} \leq S. \end{cases} \quad (18)$$

Здесь \mathcal{L}_i - количество пассажиров, желающих уехать с i -го ОП магистрали на ОП, расположенные вне рассматриваемой магистрали;

$В_{yi}$ - вероятность того, что на i -ом ОП произвольно взятый пассажир из числа \mathcal{L}_i садится в транспортную единицу y -го маршрута.

Остановочные пункты пересадочных узлов характеризуются долей пересадочных пассажиров. На каждом ОП фиксируется количество необслуженных пассажиров, среднее время ожидания, неполнение салона.

Модель позволяет просчитать 12 различных вариантов улучшения качества пассажирских перевозок и выбрать из них лучший без больших затрат, связанных с транспортными обследованиями при постановке тех же экспериментов в натуре.

С использованием модели для нескольких общегородских магистралей г. Челябинске были определены основные параметры перевозочного процесса. На основе их анализа проведены мероприятия, улучшающие качество пассажирских перевозок. Так, реорганизация функционирования трех ОП на одной из магистралей позволила сократить непроизводительные затраты времени на ОП на 68%, среднее время ожидания - на 8%, а сокращение интенсивности ПИТ на одном из маршрутов этой же магистрали за счет замены подвижного состава на более вместимый позволяет дополнительно сократить непроизводительные затраты времени на 11%, а время поездки - на 2%.

Многочисленные эксперименты, проведенные на крупных городских магистралях, имеющих десятки ОП и пересадочных узлов и до 10 налегающих маршрутов автобусов и троллейбусов, выполненные на базе иерархического комплекса моделей, позволили разработать методику совершенствования организации движения ПИТ. Её многократное использование позволило установить, что методика

повышает производительность труда инженеров-проектировщиков, занимающихся вопросами организации движения ПИТ;

позволяет изучить существенно больше, чем в натуральных условиях, вариантов организации пассажирских перевозок с целью выбора наилучшего;

дает возможность быстро и точно получить количественные и

качественные характеристики перевозочного процесса;
уменьшает расходы на транспортные обследования.

Отдельный параграф главы посвящен расчету экономической эффективности применения результатов исследования.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Построен иерархический комплекс моделей, описывающий функционирование маршрутизированного городского пассажирского транспорта на остановочных пунктах, в пересадочных узлах, на общегородских магистралях, учитывающий многообразие стохастических и детерминированных факторов.

2. Выявлены факторы, влияющие на непроизводительные затраты времени транспортными единицами на остановочном пункте (затрачено времени на ожидание въезда на остановочный пункт и выезда с него): интенсивность потока и тип подвижного состава городского пассажирского транспорта; пассажирообмен остановки; количество маршрутов, проходящих через остановочный пункт. Получены зависимости непроизводительных затрат времени от каждого из этих факторов.

3. Установлено, что непроизводительные затраты времени транспортными единицами на остановочных пунктах определяются не только организацией функционирования остановки (пропускной способностью), но и организацией функционирования городского пассажирского транспорта (эффективностью использования остановочного пункта).

4. Обоснован критерий качества функционирования остановочного пункта, разработана методика определения его пропускной способности и даны рекомендации по определению емкости остановки и резерва пропускной способности.

5. Показано влияние пересадочных пассажиров и интенсивности их прибытия на остановочный пункт на время ожидания пассажиром транспортной единицы в пересадочном узле. Получены зависимости необходимого количества свободных мест в транспортной единице и очереди необслуженных пассажиров от интенсивности потока ППТ и потока пассажиров, включающих пересадочных пассажиров.

6. Разработана методика определения качества обслуживания пассажиров, позволяющая оценить среднее время ожидания пассажиром

транспортной единицы для потоков, имеющих пересадочных пассажиров.

7. Предложена методология выбора мероприятий, обеспечивающих увеличение эффективности использования остановочных пунктов. Показано влияние пропускной способности и эффективности использования остановочных пунктов на качество пассажирских перевозок.

8. Результаты диссертационной работы внедрены в Челябинском трамвайно-троллейбусном управлении, Южно-Уральском территориально-транспортном управлении и Одесском кустовом информационно-вычислительном центре. Показано, что изменение функционирования всего трех остановочных пунктов городской магистрали позволило увеличить эксплуатационную скорость на 1%, сократить время поездки на 8%, а непроизводительные затраты времени - на 68%. Экономический эффект составил 476,1 руб на один километр транспортной сети города. Комплекс программ по определению пропускной способности остановочного пункта и качества обслуживания пассажиров городским пассажирским транспортом принят в промышленную эксплуатацию в составе автоматизированной системы управления пассажирскими перевозками, разработанной Одесским кустовым информационно-вычислительным центром.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Заляпина Н.Н., Костин А.М., Логиновский О.В. Исследование условий работы массового пассажирского транспорта. - В кн.: Вопросы улучшения окружающей среды сельских и промышленных территорий городов. Челябинск, 1976 г, с. 115-119 (Сборник научных трудов ЧИИ им. Ленинского комсомола, вып. 187).

2. Заляпина Н.Н. Об управляемой стохастической модели работы остановочного пункта. - Экономико-математические методы в планировании и управлении. Краткие тезисы к школе-семинару. Челябинск, 1976, с. 24-26.

3. Заляпина Н.Н. Стохастическое исследование некоторых задач движения массового пассажирского транспорта. - Экономико-математические методы в планировании и управлении. Краткие тезисы к школе-семинару. Челябинск, 1976, с. 26-27.

4. Заляпина Н.Н. Проверка адекватности модели работы остано-

вочного пункта общественного городского транспорта. - Экономико-математические методы в планировании и управлении. Краткие тезисы зональной школы-семинара. Челябинск, 1977, с. 30-32.

5. Заляпина Н.Н. О среднем времени ожидания в системах с групповым обслуживанием. - Применение математических методов в обеспечении строительства материальными ресурсами. Челябинск, 1978, с. 39-40.

6. Заляпина Н.Н. Исследование характеристик работы остановочных пунктов и пересадочных узлов массового пассажирского транспорта. - Город и транспорт. - В кн.: Комплексное развитие транспортных систем крупных городов и их зон. 4-ая Ленинградская научно-техническая конференция. М., 1979, с. 91-94.

7. Заляпина Н.Н. Организация работы массового пассажирского транспорта на городской магистрали. - В кн.: Техническая эксплуатация, надежность и совершенствование автомобилей. Челябинск, 1980. (Сборник научных трудов ЧПИ им. Ленинского комсомола, вып. 248).

8. Заляпина Н.Н. Определение пропускной способности остановочного пункта. - В кн.: Техническая эксплуатация, надежность и совершенствование автомобилей. Челябинск, 1980 (Сборник научных трудов ЧПИ им. Ленинского комсомола, вып. 243).

9. Заляпина Н.Н. Определение планировочной структуры остановочного пункта. - Развитие сети городских улиц и дорог. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. Шауляй, 1981, с. 58-59.

Заляпина

Техн. редактор Миних А.В.

ФБ 00591. Подписано к печати 26/VI-81г. Формат бумаги 60x90 I/16. Объем I п.л., 0,8 уч.-изд.л. ЧПИ. Тираж 100 экз. Заказ № 301/784.