

РГБ 03

15 MAR 1993

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Московский ордена Трудового Красного Знамени технический  
университет связи и информатики

---

На правах рукописи

ГОРЛОВ Виктор Николаевич

УДК 655.8

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРЕВОЗКИ ПОЧТЫ

Специальность: 05.12.16 - Механизация и автоматизация  
предприятий и средств связи

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Москва 1993

Работа выполнена на кафедре Автоматизации предприятий почтовой связи Московского ордена Трудового Красного Знамени технического университета связи и информатики (зав. кафедрой д.т.н., профессор А.В. Петраков) и на кафедре Прикладной математики Владимирского политехнического института (зав. кафедрой к.ф.-м.н., доцент В.Н. Орлов)

- Научный руководитель - кандидат технических наук,  
доцент Г.А. Птицын
- Официальные оппоненты - доктор технических наук,  
профессор В.А. Рулев  
кандидат технических наук,  
доцент С.Д. Михайлов
- Будущее предприятие - Научно-исследовательский  
институт почтовой связи  
(НИИПС)

Защита состоится "15" апреля 1993 г. в 16<sup>30</sup> ч.  
на заседании специализированного совета КИПВ.06.02 при  
Московском ордена Трудового Красного Знамени техническом  
университете связи и информатики по адресу: 105855, ГСП,  
Москва, Е-24, ул. Авиамоторная, 8-а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МТУСИ.  
Автореферат разослан "17" февраля 1993 г.

Учленный секретарь  
специализированного совета  
кандидат технических наук, доцент



В.В. Демина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**А к т у а л ь н о с т ь т е м ы .** Почтовая связь относится к числу самых массовых и доступных средств связи. Перспективными направлениями ее развития наряду с автоматизацией производственных процессов на предприятиях почтовой связи и разработкой новых электронных технологий являются разработка оптимальных планов перевозки почты и организация оперативно-диспетчерского управления на всех этапах обработки и продвижения почтовых отправок. В настоящее время известны достаточно эффективные методы составления планов перевозки почты, однако задачи оперативно-диспетчерского управления почтовыми потоками нельзя считать полностью решенными.

Важное место среди задач, актуальных для управления почтовыми перевозками, занимает разработка методов и программных средств, предназначенных для автоматизации расчета эксплуатационных показателей перевозки почты, таких как маршрутная матрица межузловых потоков, средняя дальность перевозки почты по маршруту, плотность потока на дугах маршрута, грузооборот, объем перевозок почты и др. Существующие методы ориентированы на проведение периодических обследований почтовых потоков, поэтому не обеспечивают возможности динамического перерасчета перечисленных показателей в зависимости от величины почтового потока. В связи с этим большое значение приобретают исследования в области оперативно-диспетчерского управления перевозками почты, направленные на разработку методов расчета эксплуатационных показателей перевозки почты, позволяющих использовать средства вычислительной техники и доступные на практике данные о входящих и исходящих потоках узлов почтовых маршрутов. Учитывая, что поступающая на узлы нагрузка подвержена существенным изменениям, требующим внесения корректив в управление движением почтовых вагонов, является актуальной разработка методов автоматизированного расчета эксплуатационных показателей перевозки почты, позволяющих определить показатели для любого периода времени на основе использования данных о входящих и исходящих потоках узлов сети.

**Ц е л ь р а б о т ы** состоит в разработке и программной реализации методов, предназначенных для автоматизированного

расчета эксплуатационных показателей перевозки почты по линейным и кольцевым маршрутам сети почтовой связи. Согласно поставленной цели в работе сформулированы и решены следующие основные задачи:

1. Математическая постановка задачи определения междуузловых потоков линейных и кольцевых маршрутов с использованием данных о входящих и исходящих потоках узлов сети за определенный период времени.

2. Разработка и исследование метода решения сформулированной задачи, позволяющего определить междуузловые потоки линейных и кольцевых почтовых маршрутов.

3. Разработка автоматизированной процедуры расчета эксплуатационных показателей перевозки почты.

Методы исследования базируются на результатах теории математического программирования, теории графов, методе имитационного моделирования, методах современного программирования: структурного программирования, нисходящего проектирования программ, модульного программирования.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Показано, что задачу расчета междуузловых потоков почтовых маршрутов по данным о входящих и исходящих потоках узлов сети перевозки почты можно сформулировать в виде задачи нелинейного программирования. При такой постановке объем необходимых для решения задачи исходных данных снижается по сравнению с объемом данных, подлежащих обработке при определении междуузловых нагрузок с помощью обследований почтовых потоков.

2. Разработан метод решения сформулированной задачи, позволяющий определить междуузловые потоки маршрутов сети перевозки почты на основе использования данных о входящих и исходящих потоках узлов по дискретным периодам времени.

3. Разработана автоматизированная процедура, позволяющая рассчитать эксплуатационные показатели перевозки почты для линейных и кольцевых маршрутов сети, не прибегая к обследованиям почтовых потоков и определению сетевой матрицы междуузловых нагрузок, что облегчает расчет показателей. Научная новизна разработанных алгоритмов подтверждена экспертной комиссией отраслевого фонда алгоритмов и программ ИС РФ.

**Л и ч н ы й в к л а д .** Все результаты, представленные в работе, получены автором лично.

**Р е а л и з а ц и я р е з у л ь т а т о в р а б о т ы .** Внедрение результатов диссертации в виде пакета прикладных программ и расчетов проведено на предприятиях Производственного объединения магистральных перевозок почты Министерства связи РФ, что подтверждено соответствующим актом о внедрении.

Применение результатов диссертационной работы позволило сократить объем вводимой в ЭВМ информации и тем самым повысить оперативность управления, уменьшить затраты на сбор и подготовку исходных данных, необходимых для диспетчерского управления перевозками почты.

Разработанные программы расчета показателей перевозки почты и программный комплекс имитационного моделирования магистральной сети в 1988 и 1989 гг. были приняты в Государственный фонд алгоритмов и программ, что подтверждено соответствующим актом о приемке программных средств.

**А п р о б а ц и я р а б о т ы .** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на II-м Всесоюзном семинаре "Методы решения задач оперативного управления в АСУ отраслевого и межведомственного уровней" (Москва, 1982 г.); на республиканской научно-технической конференции "Вопросы построения сетей связи, устройств обработки информации и проблем внедрения НОТ в отрасли связи республики" (Ташкент, 1982 г.); на межвузовском семинаре "Имитационное моделирование в планировании и управлении народным хозяйством" (Москва, 1982 г.); на XXVIII Всесоюзной научной сессии НТОРЭС, посвященной дню радио (Москва, 1983 г.); на XIII Всесоюзной научной сессии, посвященной дню радио (Москва, 1987 г.); на XLIII Всесоюзной научной сессии, посвященной дню радио (Москва, 1988 г.); на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава МИС (Москва, 1982-1991 гг.) и ВПИ (Владимир, 1990-1991 гг.).

**П у б л и к а ц и и .** По результатам выполненных научных исследований автором опубликовано 17 печатных работ.

**С т р у к т у р а и о б ь е м р а б о т ы .** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключе-

ния и 3 приложений. Работа содержит 129 страниц печатного текста, 12 рисунков, 5 таблиц. Список литературы включает 91 наименование.

Основные научные положения, которые автор вносит на публичную защиту:

1. Математическая постановка задачи расчета межузловых потоков почтовых маршрутов в виде задачи нелинейного программирования обеспечивает снижение объема вводимых в ЭВМ данных, необходимых для диспетчерского управления перевозками почты, в  $(N-1)/2$  раз для каждого маршрута сети ( $N$  - число узлов в маршруте).

2. Разработан метод расчета межузловых потоков, позволяющий на основе использования данных о входящих и исходящих потоках узлов сети определить маршрутную матрицу межузловых нагрузок для маршрутов протяженностью до 30 узлов.

3. Разработана автоматизированная процедура, позволяющая определить эксплуатационные показатели перевозки почты для линейных и кольцевых маршрутов, не прибегая к обследованию почтовых потоков и построению сетевой матрицы межузловых нагрузок.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, сформулирована цель работы, перечислены основные научные результаты диссертации и определена ее практическая ценность. Кратко излагается основное содержание диссертации.

В первой главе рассмотрены задачи управления перевозками почты, разработана модель маршрутов с линейной и кольцевой структурой почтовых потоков, предложена математическая постановка задачи расчета межузловых потоков почтовых маршрутов, проведен сравнительный анализ известных в литературе методов решения сформулированной задачи.

Основными задачами диспетчерского управления и контроля за продвижением почтовых отправок по сети перевозки почты являются: контроль за производственными процессами, оператив-

ное управление ими в периоды повышенной нагрузки, управление движением почтовых вагонов, контроль за загрузкой почтовых вагонов и транспортных магистралей.

Для решения задач диспетчерского управления перевозками почты необходимо определять маршрутную матрицу межузловых потоков, плотность потока на дугах маршрута, загрузку почтового вагона, среднюю дальность перевозки почты по маршруту, объем перевозок и грузооборот почтового маршрута. Перечисленные показатели предлагается определять на основе использования данных о входящих и исходящих потоках узлов сети перевозки почты.

Маршрутная матрица межузловых потоков  $M[M, N]$  ( $N$  - число узлов в маршруте) образуется из элементов  $M[i, j]$  ( $i, j = 1, 2, \dots, N$ ), показывающих величину почтового потока, направляемого из  $i$ -го в  $j$ -й узел маршрута. Для определения межузловых потоков маршрута используется матрица коэффициентов межузловых нагрузок  $P[N, N]$ , где  $P[i, j] = M[i, j] / A[i]$ ;  $i, j = 1, 2, \dots, N$  - элемент матрицы  $P[N, N]$ ;  $A[i]$  - исходящий поток  $i$ -го узла.

Входящий поток  $j$ -го узла  $\bar{B}[j]$  вычисляется по формуле

$$\bar{B}[j] = A[N]P[N, j], \quad (I)$$

где  $A[N]$  - вектор-строка исходящих потоков всех узлов маршрута;  $P[N, j]$  -  $j$ -й столбец матрицы  $P[N, N]$ . Кроме расчетного значения входящего потока (I) задается его фактическое значение  $B[j]$  и формулируется задача определения маршрутной матрицы межузловых потоков

$$MIN \quad Z = R^T[N]R[N]; \quad (2)$$

$$\bar{A}[N, k]\bar{P}[k] = E[N]; \quad (3)$$

$$\bar{B}[N, k]\bar{P}[k] = 0; \quad (4)$$

$$\bar{P}[k] \geq 0, \quad (5)$$

где  $R[N]$  - вектор-столбец,  $j$ -й элемент которого определяется по формуле  $R[j] = B[j] - \bar{B}[j]$ ;  $R^T[N]$  - вектор, который получается путем применения к  $R[N]$  операции транспонирования;  $k = N^2$  - число переменных задачи;  $\bar{P}[k]$  - вектор, образованный из элементов матрицы  $P[N, N]$ ;  $\bar{A}[N, k]$  - матрица,

элементы  $i$ -й строки которой определяются по правилу:  $\bar{A}[i,j]=1$ , если  $(i-1)N+1 \leq j \leq iN$ ;  $\bar{A}[i,j]=0$ , в противном случае;  $\bar{B}[n,k]$  - матрица, элементы  $i$ -й строки которой удовлетворяют равенствам:  $\bar{B}[i,j]=1$ , если  $j=(N+1)i-N$ ;  $\bar{B}[i,j]=0$ , если  $j \neq (N+1)i-N$ ;  $E[N]$  - единичный вектор-столбец.

Для выбора метода расчета межузловых потоков маршрута был проведен сравнительный анализ существующих методов решения задачи нелинейного программирования. Среди многообразия методов решения поставленной задачи выделяются и рассматриваются методы прямого поиска, градиентные методы и методы случайного поиска. Исследование рассмотренных методов показало ограниченность их возможностей при определении матрицы межузловых потоков для маршрутов реальной сети перевозки почты. С учетом этого результата был сделан вывод о том, что наиболее предпочтительным направлением развития методов решения задачи (2)-(5) применительно к задачам диспетчерского управления перевозками почты является разработка и исследование надежных в работе алгоритмов, отличающихся простотой программной реализации и позволяющих определить приближенное решение задачи расчета межузловых потоков.

В т о р а я г л а в а посвящена разработке и исследованию методов расчета межузловых потоков почтовых маршрутов. Для расчета межузловых потоков разработан метод, который в дальнейшем называется базисным методом. Вычислительный процесс начинается с поиска допустимого решения задачи по упрощенному алгоритму. В соответствии с этим алгоритмом определяется число почтовых отправлений, направляемых из  $i$ -го в  $j$ -й узел маршрута

$$M[i,j] = \begin{cases} A[i]B[j] / \left( \sum_{k=1}^N v[k] - v[i] \right), & \text{если } i \neq j; \\ 0, & \text{если } i = j. \end{cases} \quad (6)$$

Для каждой пары узлов маршрута вычисляется коэффициент межузловой нагрузки и формируется вектор  $\chi[M]$ ,  $k$ -й элемент которого определяется по формуле  $\chi[k] = P[i,j]; i \neq j; k = 1, 2, \dots, M; M = N(N-1)$ .

Затем разрабатывается алгоритм определения матрицы  $T_0[2M, M]$ , каждая строка которой является допустимым решением задачи. В алгоритме вычисления элементов этой матрицы исполь-

зуется вектор  $x[M]$ .

Поиск коэффициентов межузловых нагрузок, при которых целевая функция принимает минимальное значение, осуществляется путем модификации первоначально определенной матрицы  $T_0[2M, M]$ . Для этого разрабатывается итерационная процедура, на  $i$ -м шаге которой выполняется переход от матрицы  $T_{i-1}[2M, M]$  к матрице  $T_i[2M, M]$  с использованием информации только о значениях целевой функции и ограничениях.

Далее рассматривается комбинированный метод расчета межузловых потоков, в котором для определения маршрутной матрицы межузловых потоков наряду со значениями целевой функции используется и ее градиент. Решение задачи начинается с вычисления величин межузловых потоков по формуле (6) и определения на их основе коэффициентов межузловых нагрузок, которые используются в качестве координат начальной точки

$X_0[M]$ . Для уточнения значений переменных  $X_0[i]$  ( $i=1, 2, \dots, M$ ) разрабатывается алгоритм, позволяющий исследовать локальное поведение целевой функции в окрестности начальной точки. Затем поиск производится в соответствии с алгоритмом Давидона-Флетчера-Пауэлла.

В заключение приводятся результаты исследования разработанных методов. С помощью программ, реализующих базисный и комбинированный методы, были проведены вычислительные эксперименты, направленные на определение зависимости объема требуемой оперативной памяти ЭВМ, точности и времени решения задачи от числа узлов в маршруте. Полученные результаты показали, что комбинированный метод наиболее эффективен для расчета межузловых потоков при размерности маршрутов до 10 узлов; для более протяженных маршрутов следует применять базисный метод.

Т р е т ь я г л а в а посвящена разработке аналитических выражений и алгоритмов расчета эксплуатационных показателей перевозки почты для линейных и кольцевых маршрутов. При исследовании транспортных систем широко используется понятие потока. Применительно к сети перевозки почты предлагается использовать также понятие элементарного транспортного потока (ЭТП). Физически элементарный транспортный поток представляет

собой часть потока, передаваемого между двумя узлами маршрута. Мощность ЭПП определяется как число грузов, перемещаемых по маршруту между узлами  $(i, j)$  в единицу времени. Расстояние между узлами возникновения и погашения ЭПП называется протяженностью элементарного транспортного потока.

Показано, что в линейном однонаправленном маршруте, включающем  $N$  узлов и  $(N-1)$  дуг, образуется  $N(N-1)/2$  элементарных транспортных потоков. Плотность потока на  $i$ -й дуге (загрузка  $i$ -й дуги) маршрута равна суммарной мощности ЭПП, проходящих по этой дуге

$$S_R^{1H} [i] = \sum_{k=i}^i q[k] \left( \sum_{j=i+1}^N P[k, j] \right), \quad (7)$$

где  $q[k]$  - поток, исходящий из  $k$ -го узла в единицу времени;  
 $P[k, j]$  - коэффициент междуузловой нагрузки для узлов  $(k, j)$ .  
 Средняя дальность перевозки почты по маршруту определяется по формуле

$$D_R^{1H} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N q[i]} \sum_{i=1}^{N-1} \left( \sum_{k=i}^i \left( \sum_{j=i+1}^N P[k, j] \right) q[k] \right) d[i], \quad (8)$$

где  $d[i]$  - длина  $i$ -й дуги маршрута.

В линейном двунаправленном маршруте (ЛДМ) перевозка почтовых отправок организована по двум противоположным направлениям. Плотность потока на дугах ЛДМ в прямом направлении определяется по формуле (7), для определения плотности потока в обратном направлении используется формула

$$\bar{S}_R^{2H} [i] = \sum_{k=i+1}^N q[k] \left( \sum_{j=i}^i P[k, j] \right). \quad (9)$$

На основе соотношений (7) и (9) разрабатываются алгоритмы расчета грузооборота ЛДМ и средней дальности перевозки почты по маршруту.

**Теорема 1.** Количество элементарных транспортных потоков, проходящих по дуге кольцевого однонаправленного маршрута, равно  $N(N-1)/2$ , где  $N$  - число узлов в маршруте.

Транзитный поток  $i$ -го узла кольцевого однонаправленного

маршрута  $\bar{Q}_k^{IH}[i]$  ( $i=1,2,\dots,N$ ) создается элементарными транспортными потоками, поступающими на его вход от других узлов маршрута, кроме тех, которые заканчиваются в этом узле

$$\bar{Q}_k^{IH}[i] = \sum_{n=i}^N q[n] \left( \sum_{j=i}^{n-1} P[n,j] \right) - \sum_{j=1}^N q[j] P[j,i] + \sum_{n=1}^{i-1} q[n] \left( 1 - \sum_{j=n+1}^{i-1} P[n,j] \right). \quad (10)$$

На основании теоремы I получено выражение плотности потока на  $i$ -й дуге маршрута

$$S_k^{IH}[i] = \bar{Q}_k^{IH}[i] + q[i] \sum_{j=1}^N P[i,j]. \quad (11)$$

Средняя дальность перевозки почты по маршруту вычисляется по формуле

$$D_K^{IH} = \frac{1}{\sum_{j=1}^N q[j]} \sum_{i=1}^N \left( \bar{Q}_k^{IH}[i] + q[i] \sum_{n=1}^N P[i,n] \right) d[i]. \quad (12)$$

Мощность элементарных транспортных потоков кольцевого двунаправленного маршрута (КДМ) для одного из направлений движения определяется по формуле

$$Y[i,j] = \begin{cases} q[i] P[i,j], & \text{если } L[i,j] < 0,5 \sum_{k=1}^N d[k]; \\ 0, & \text{если } L[i,j] \geq 0,5 \sum_{k=1}^N d[k], \end{cases} \quad (13)$$

где  $L[i,j]$  - протяженность ЭП, направленного из  $i$ -го в  $j$ -й узел маршрута.

**Теорема 2.** Количество элементарных транспортных потоков, проходящих по дуге кольцевого двунаправленного маршрута в одном из направлений, равно  $(N^2-1)/8$  при нечетном  $N$  и  $N^2/8$  при четном  $N$ .

Плотность потока на  $i$ -й дуге КДМ в прямом направлении определяется по формуле

$$S_k^{2H}[i] = \sum_{n=i}^N \sum_{j=i}^{n-1} Y[n,j] + \sum_{n=1}^{i-1} \left( \sum_{j=1}^N Y[n,j] - \sum_{j=n+1}^{i-1} Y[n,j] \right) - \sum_{n=1}^{i-1} Y[n,i] + \sum_{n=1}^N Y[i,n]. \quad (14)$$

При вычислении плотности потока на дугах маршрута в обратном направлении в формуле (14) используются элементы матрицы  $Z^T[N,N]$ , которая получается путем применения к  $Z[N,N]$  операции транспонирования, где  $Z[i,j] = q[i] P[i,j] - Y[i,j]$  -

элемент матрицы  $z[N, N]$ .

Теорема 2 и соотношения (I3)-(I4) положены в основу разработки алгоритмов расчета грузооборота и средней дальности перевозки почты по кольцевому двунаправленному маршруту.

Расчет эксплуатационных показателей перевозки почты упрощается, если допустить, что элементарные транспортные потоки маршрута имеют одинаковую мощность. Этот частный случай организации перевозочного процесса был рассмотрен и предложены аналитические выражения показателей перевозки почты по маршрутам различной конфигурации при условии одинаковой мощности ЭП.

В четвертой главе исследуется эффективность алгоритмов расчета эксплуатационных показателей перевозки почты, приводятся результаты практического применения разработанных методов и алгоритмов для оценки эксплуатационных показателей перевозки посылок по маршрутам магистральной сети. Для анализа эффективности алгоритмов расчета показателей перевозки почты разработан специализированный программный комплекс (ПК). Функциональная структура ПК включает три взаимодействующих между собой компонента: имитатор; программный генератор моделей; базу данных. Имитатор представляет собой пакет программных модулей, реализующих различные функции, необходимые для моделирования сети перевозки почты. Программный генератор моделей является средством автоматизации создания имитационной модели сети. Используя описание моделируемой сети на входном языке ПК, генератор моделей вызывает необходимые моделирующие подпрограммы, входящие в состав имитатора, и передает им параметры, соответствующие описанию моделируемой сети, полностью исключив при этом этап программирования. База данных является программным средством автономного от процесса моделирования создания библиотеки описаний моделируемой сети перевозки почты.

С использованием ПК проведено имитационное моделирование работы линейных и кольцевых маршрутов сети перевозки почты. В результате моделирования определяется маршрутная матрица межузловых потоков, загрузка дуг маршрута, средняя дальность перевозки почты по маршруту, грузооборот и объем пере-

возок почты. По результатам моделирования установлено, что значения показателей, определенные с помощью разработанных в диссертации методов и алгоритмов, с достаточной для практики диспетчерского управления точностью совпадают с соответствующими значениями показателей, определенными с использованием имитационной модели.

Для сравнения показателей перевозки почты по маршрутам с различной структурой почтовых потоков проведено моделирование сети при одинаковой мощности элементарных транспортных потоков. По результатам моделирования построены графики зависимости показателей перевозки почты по линейным и кольцевым маршрутам от числа узлов в маршруте, из которых определено, что наибольшей эффективностью среди рассматриваемых структур маршрутов обладает кольцевой двуправленный маршрут.

В заключение приводятся результаты расчета эксплуатационных показателей перевозки почтовой почты по маршрутам следования почтовых вагонов почтово-багажных поездов. В программах расчета этих показателей использовались данные о входящих и исходящих потоках узлов маршрута.

**В з а к л ю ч е н и и** сформулированы основные результаты диссертации. Отмечено, что результаты работы могут быть использованы при разработке автоматизированной системы оперативного управления почтовой связью.

**В п р и л о ж е н и е** к диссертации вынесены: структура базы данных программного комплекса, руководство системного программиста по работе с комплексом программ имитационного моделирования сети перевозки почты, руководство по подготовке исходных данных для работы программного комплекса, акты внедрения результатов диссертационной работы.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

I. На основе анализа задач управления перевозками почты и методов их решения сделан вывод о возможности и целесообразности использования в алгоритмах расчета эксплуатационных показателей перевозки почты данных о входящих и исходящих потоках узлов.

2. Показано, что задачу расчета межузловых потоков почтовых маршрутов по данным о входящих и исходящих потоках узлов сети можно сформулировать в виде задачи нелинейного программирования. При такой постановке объем необходимых для решения задачи исходных данных снижается по сравнению с объемом данных, обрабатываемых при определении межузловых нагрузок с помощью обследований почтовых потоков.

3. Разработан метод решения поставленной задачи, позволяющий определить межузловые потоки линейных и кольцевых маршрутов сети перевозки почты.

4. Разработана автоматизированная процедура, позволяющая определить эксплуатационные показатели перевозки почты по линейным и кольцевым маршрутам, не прибегая к периодическим обследованиям почтовых потоков и построению сетевой матрицы межузловых нагрузок.

5. Разработан программный комплекс, позволяющий создавать имитационные модели сети перевозки почты. Проведенные с использованием имитационных моделей вычислительные эксперименты подтвердили эффективность разработанных алгоритмов расчета эксплуатационных показателей перевозки почты.

6. Разработанные в диссертации программные средства приняты в Государственный фонд алгоритмов и программ и использованы в Производственном объединении магистральных перевозок почты для решения задач диспетчерского управления перевозками почты.

7. Научные и практические результаты диссертационной работы могут быть использованы специалистами, работающими в области проектирования автоматизированных систем оперативного управления почтовой связью.

#### ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

1. Горлов В.Н., Снегов В.М. Программное обеспечение имитационных моделей управления.- В кн.: Вопросы построения сетей связи, устройств обработки информации и проблем внедрения НОТ в отрасли связи республики: Сборник тезисов докладов.- Одесса: 1982, с. 18.

2. Романов Б.М., Кузнецов А.Д., Горлов В.Н. Основные принципы построения и методы программной реализации имитационных моделей управления сложными системами.- В кн.: Методы решения задач оперативного управления в АСУ отраслевого и межведомственного уровней.- М.: ВНИИПОУ ГНТ, 1983, с. 34-35.
3. Романов Б.М., Кузнецов А.Д., Горлов В.Н. Применение имитационных моделей управления в иерархических системах управления.- В кн.: Вопросы математического обеспечения и методы автоматизации обработки экономической информации.- М.: МИИХ, 1983, с. 49-60.
4. Горлов В.Н. Совершенствование методов оперативного управления отраслью на базе применения имитационных моделей управления.- В кн.: XXXVIII Всесоюзная научная сессия, посвященная дню радио: Сборник тезисов докладов.- М.: Радио и связь, 1983, с. 7.
5. Горлов В.Н. Адаптивная модель принятия многокритериальных решений по управлению магистральными перевозками почты.- В кн.: Депонированные рукописи.- М.: ВИНТИ, 1985, № 8, с. 142.
6. Горлов В.Н. О разработке агрегативных имитационных моделей магистральной сети почтовой связи.- В кн.: Депонированные рукописи.- М.: ВИНТИ, 1985, № 8, с. 142.
7. Птицын Г.А., Горлов В.Н. Управление магистральными перевозками в условиях неопределенности направления и дальности следования грузов.- В кн.: XLII Всесоюзная научная сессия, посвященная дню радио: Сборник тезисов докладов.- М.: Радио и связь, ч. I, 1987, с. 4-5.
8. Птицын Г.А., Горлов В.Н., Янцкулик И. Применение микроЭВМ для расчета показателей и управления перевозками почты.- В кн.: XLIII Всесоюзная научная сессия, посвященная дню радио: Сборник тезисов докладов.- М.: Радио и связь, ч. 2, 1988, с. 45-46.
9. Птицын Г.А., Горлов В.Н. Модели распределения потоков на магистральной сети в условиях неопределенности направления и дальности следования грузов.- Системы и сети передачи информации: Сборник научных трудов учебных институ-

тов связи.- Л.: ЛЭИС, 1988, с. 94-104.

10. Птицын Г.А., Горлов В.Н., Покровский Б.Д. Программный комплекс моделирования транспортных потоков.- международный журнал "Программные продукты и системы", № 3, 1991, с. 42-45.

Программные средства, принятые в Государственный фонд алгоритмов и программы

11. Горлов В.Н. Обучаемый алгоритм принятия решений в задачах управления объектом или процессом. № 40150001714, 19 с. Оpubл. в инф. бюлл. ВНИИЦ "Алгоритмы и программы", № 1, 1983, с. 17.
12. Горлов В.Н. Экспериментальная имитационная модель управления транспортной системы региона. № 40150001715, 87 с. Оpubл. в инф. бюлл. ВНИИЦ "Алгоритмы и программы", № 1, 1983, с. 17.
13. Горлов В.Н. Программный комплекс для имитационного моделирования магистральных перевозок. № 50860001284, 92 с. Оpubл. в инф. бюлл. ВНИИЦ "Алгоритмы и программы", № 3, 1988, с. 6.
14. Птицын Г.А., Горлов В.Н. Программа расчета показателей перевозки по кольцевому двунаправленному маршруту в условиях неопределенности направления и дальности следования грузов. № 50860001504, 49 с. Оpubл. в инф. бюлл. ВНИИЦ "Алгоритмы и программы", № 9, 1989, с. 11.
15. Птицын Г.А., Горлов В.Н. Программа расчета показателей перевозки по кольцевому однонаправленному маршруту в условиях неопределенности направления и дальности следования грузов. № 50860001503, 46 с. Оpubл. в инф. бюлл. ВНИИЦ "Алгоритмы и программы", № 9, 1989, с. 10-11.
16. Птицын Г.А., Горлов В.Н. Программа расчета показателей перевозки по разомкнутому двунаправленному маршруту в условиях неопределенности направления и дальности следования грузов. № 50860000948, 48 с. Оpubл. в инф. бюлл. ВНИИЦ "Алгоритмы и программы", № 5, 1989, с. 21.
17. Птицын Г.А., Горлов В.Н. Программа расчета показателей перевозки по разомкнутому однонаправленному маршруту в

условиях неопределенности дальности следования грузов.  
№ FC&80000947. 46 с. Опубли. в инф. бюлл. ИИИЦ "Алгорит-  
мы и программы", № 5, 1969, с. 21.

---

Копировано в память ИИ.01.03, формат 0x04/1, память собственная.  
Объем 1,0 усл. ед. Тираж 100 экз. Заказ 04.10.69, ил.

---

ИИИЦ "Информсвязьдаль". Москва, ул. Льва Толстого, 8.