

На правах рукописи

КИСЕЛЕВ Константин Степанович

УДК 658.012.2 : 629.471 : 656.22.071.2

**ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ
ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД НА ЗАДАННОМ
ПОЛИГОНЕ**

05.22.07 — Подвижной состав и тяга поездов

05.22.08 — Эксплуатация железнодорожного транспорта

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск — 1984

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров
железнодорожного транспорта им. М.И.Калинина

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент

МУХА В.А.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

КУЗНЕЦОВ Т.Ф.

кандидат

С.Я.

Ведущее пр

4849 а
Киселев К.С.

Защита со

Дисциплины и организ. работы
локомотивной бригады, Киев

на заседании сп

05.09.87 1984 81% -ет-

Поверніть книгу не пізніше
зазначеного терміну

яна,

...В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность темы. В соответствии с Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1961-1965 годы и на период до 1990 года на железнодорожном транспорте необходимо обеспечить дальнейшее увеличение провозной и пропускной способности железных дорог. Решение поставленной задачи осуществляется в нескольких направлениях, в том числе и в направлении совершенствования планирования работы всех подразделений транспорта.

4842a

Постоянный рост объема перевозок, повышение весовых норм поездов, обновление локомотивного парка повысили требования, предъявляемые к уровню организации работы локомотивных бригад. Увеличение степени заполнения графика движения, значительная неравномерность движения поездов усложнили процесс планирования и оперативного управления работой бригад.

В зависимости от продолжительности периода планирования различают - оперативное регулирование и долгосрочное (годовое и текущее) планирование работы локомотивных бригад. Оперативное руководство эксплуатацией локомотивов и регулирование работы локомотивных бригад выполняют работники службы движения. Организация работы бригад и контроль соблюдения установленных норм их труда и отдыха осуществляется по смено-суточным планам.

Решение вопросов долгосрочного планирования возложено на работников локомотивного хозяйства, ведающих вопросами эксплуатации. Долгосрочное планирование направлено на разработку мероприятий и плановых заданий (определение списочного штата, планирование отпусков, распределение объемов работы между основными

Днепропетровский
институт инженеров
жел. дор. транспорта
им. М. И. Калнигина
БИБЛИОТЕКА

ми депо и др.) по обеспечению устойчивого и надежного выполнения сменно-суточных планов. Поэтому совершенствование методов и автоматизация долгосрочного планирования работы локомотивных бригад является актуальной проблемой.

На первом этапе комплексного решения этой проблемы разрабатываются вопросы совершенствования методов планирования работы локомотивных бригад депо. Выполненные в диссертации исследования являются вторым этапом рассматриваемой проблемы и охватывает вопросы совместного планирования работы локомотивных бригад для нескольких депо одновременно.

Целью работы является: повышение эффективности использования штатов локомотивных бригад за счет совершенствования методов планирования и организации их работы на полигоне, включающем несколько депо; обеспечение взаимосвязи задач планирования, решаемых в депо и для полигона; автоматизация процесса планирования на базе использования современных математических методов и средств вычислительной техники.

Для этого выполнен анализ использования локомотивных бригад как в отдельных депо, так и на полигоне. Выявлены причины, влияющие на качество использования бригад. Разработана методика совместного планирования загрузки локомотивных бригад нескольких депо с учетом требований увязки с задачами планирования в каждом депо.

Общая методика исследования. Методика предусматривает:

- исследование особенностей и формализацию процесса организации работы локомотивных бригад в границах полигона;
- выбор обобщающих показателей, отражающих специфику процесса организации работы локомотивных бригад и позволяющих обеспечить поиск оптимальных условий работы бригад на заданном

полигоне;

- разработку имитационной модели путем математического описания процесса организации работы локомотивных бригад и возданиа необходимой структуры информационной базы.

В диссертационной работе используются методы линейного и нелинейного программирования, обобщаются, применительно к заданным условиям, особенности прогнозирования характера и объема работы бригад на предстоящий период. Для автоматизации планирования загрузки локомотивных бригад полигона разработан комплекс программ и требования к организации вычислительного процесса.

Научная новизна. Сформулирована математическая постановка задач распределения объемов поездной работы локомотивных бригад, работающих в одном виде движения, между основными депо (депо приписки бригад) полигона и совместного планирования загрузки бригад полигона в нескольких видах движения и тяги.

Выполненные исследования позволили разработать методику и автоматизировать процесс планирования и организации работы локомотивных бригад заданного полигона. В основу комплексного планирования работы локомотивных бригад полигона положены разработанные в диссертации:

- методика распределения объемов поездной работы локомотивных бригад между основными депо полигона в одном виде движения;

- методика совместного планирования загрузки локомотивных бригад заданного полигона в нескольких видах движения и тяги;

- способ минимальных разностей, позволяющий решать задачу оптимизации увязки поездов в пары по пунктам оборота при накладной и плечевой езде;

- алгоритма и математическое обеспечение, необходимые для

автоматизации процесса планирования и организации работы локомотивных бригад заданного полигона с использованием ЭВМ.

Практическая ценность. Внедрение выполненного комплекса исследований на сети железных дорог позволяет:

- минимизировать потребность в штатах локомотивных бригад полигона, координировать действия всех депо полигона по обеспечению выполнения заданного объема перевозок, способствовать более широкому распространению организации работы бригад способом накладных плеч;

- обеспечить наиболее рациональную загрузку локомотивных бригад всех депо полигона, характеризующуюся минимальным суммарным количеством часов сверхурочной работы и недоработок, а также соблюдение норм и требований трудового законодательства в вопросах режима их труда и отдыха;

- автоматизировать процесс и повысить качество планирования работы локомотивных бригад заданного полигона, а также обеспечить взаимосвязь с задачами планирования, решаемыми в депо.

Реализация результатов работы. Результаты выполненных исследований использованы при разработке методики, технического задания, технического и рабочих проектов комплекса задач "Оптимизация распределения объемов работы локомотивных бригад между основными депо полигона" для ЕС ЭВМ, входящего в функциональную подсистему АСУЖТ "Управление локомотивным хозяйством".

Предложенный в диссертации способ минимальных разностей использован также и при разработке на базе ЕС ЭВМ типового комплекса алгоритмов и программ задачи "Составление именных расписаний работы и отдыха локомотивных бригад".

Апробация. Основные результаты диссертационной работы доло-

жены и одобрены на: Республиканском научном семинаре "Вычислительная техника и автоматическое управление на железнодорожном транспорте" при научном Совете АН УССР по проблеме "Теоретическая электротехника и электроника" (г. Днепропетровск, 1974 г.), Юбилейной научно-технической конференции Днепропетровского института инженеров транспорта по проблемам железнодорожного транспорта (г. Днепропетровск, 1977 г.), XV общесетевой научно-технической конференции по применению математических методов и ЭВМ в эксплуатации железных дорог (г. Москва, 1978 г.), совместном совещании работников служб локомотивного хозяйства Приднепровской и Южной железных дорог по вопросу совершенствования организации обслуживания пассажирских поездов Крымского направления (г. Днепропетровск, 1978 г.), сетевой школе передового опыта повышения качества планирования труда и отдыха локомотивных бригад с помощью ЭВМ (г. Днепропетровск, 1979 г., г. Ленинград, 1979 г.), Межвузовской научно-практической конференции по проблемам совершенствования технологии перевозочного процесса на железнодорожном транспорте (г. Ленинград, 1979 г.), Юбилейной научно-технической конференции кафедр института и специалистов железнодорожного транспорта (г. Днепропетровск, 1980 г.), сетевой школе по изучению передового опыта организации труда и отдыха локомотивных бригад грузового движения (г. Уфа, 1983 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Объем работы. Диссертация состоит из 6 разделов, выводов и предложений, списка использованной литературы, приложений. Текстовая часть работы (без списка литературы, рисунков и приложений) изложена на 113 страницах машинописного текста. Работа

содержит 32 рисунка, 17 приложений, список использованной литературы из 123 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе (введении) обосновывается актуальность выполненных исследований, их взаимосвязь с ранее выполненными работами по вопросам автоматизации планирования работы локомотивных бригад на уровне линейного предприятия (депо), дается перечень решаемых задач, а также положений, выносимых на защиту.

Во втором разделе проводится обзор теоретических и практических разработок по вопросам планирования и организации работы локомотивных бригад, определяется общее направление, цели и задачи исследования.

В теоретических исследованиях вопросов планирования и организации работы локомотивных бригад значительное место занимают работы П.К.Крюгера, Г.С.Рылева, С.Я.Айзинбуда, С.В.Дувальна, В.А.Гутковского, В.Н.Казакова, Н.Д.Крюкова, А.Д.Черногова, Е.М.Тихкина, В.Д.Баркатного, В.И.Некрасевича, С.И.Нестеренко, Е.С.Шибалева, А.И.Жигалова, В.Н.Соколова, Ф.Мильяни, Дж. Таччи, Дж.Маффей, Дж.Холта и других отечественных и зарубежных ученых.

Основным направлением ранее проведенных исследований было развитие вопросов планирования работы бригад депо. Совершенствование методов долгосрочного планирования работы локомотивных бригад депо наиболее полно выполнено в работах ДИИТа. Основу разработанного ДИИТом комплекса составляют следующие задачи; долгосрочное (годовое) планирование работы бригад по графическому методу; составление именных расписаний работы и отдыха локомотивных бригад; комбинированная система организации работы бригад.

Некоторые аспекты проблемы планирования работы локомотивных бригад в границах полигона исследовались в работах С.В.Дуваляна, Н.Д.Крюкова, В.Д.Лархатного, В.Н.Соловьева. В них рассмотрены вопросы организации работы локомотивных бригад способом накладных плеч, когда движение поездов на участке обеспечивают бригады двух смежных основных депо (пунктов приписки бригад). И хотя здесь не затронут очень важный вопрос об определении объемов работ каждого депо, положительным результатом явилось то, что была сформулирована математическая постановка задачи планирования работы локомотивных бригад при накладной езде.

Вопросы выбора рациональных границ участков обращения локомотивных бригад и установления рационального распределения поездной работы между локомотивными депо рассматривались в исследованиях Е.С.Шиббаева. Однако данная работа не исчерпала всего комплекса вопросов планирования и организации работы локомотивных бригад заданного полигона, обеспечения взаимодействия и увязки между собой его составных частей, а также автоматизации процесса планирования на базе средств вычислительной техники.

Настоящая работа посвящена: исследованию и совершенствованию методов долгосрочного планирования работы локомотивных бригад заданного полигона; формализации исследуемого процесса и созданию имитационной модели полигона; выбору обобщающих показателей, позволяющих обеспечить поиск оптимальных условий организации работы бригад полигона; разработке эффективных методов решения задач, входящих в данную систему; автоматизации процесса планирования с использованием ЭВМ и обеспечению взаимосвязи задач планирования для конкретного депо и на полигоне в целом.

В третьем разделе рассмотрен вопрос о выборе показателей, отражающих специфику процесса организации работы локомотивных бригад и позволяющих обеспечить поиск оптимальных условий работы бригад в границах полигона, формулируется математическая постановка задачи и определяются направления ее решения.

Исследование методов планирования работы локомотивных бригад и анализ показателей, отражающих специфику процесса организации их работы, позволяет сделать вывод, что обобщающим показателем являются затраты рабочего времени (бригадо-часы) на обслуживание поездов. Качество планирования работы локомотивных бригад в границах полигона определяется степенью различия приведенной загрузки (среднесуточной выработки рабочих часов, приходящихся на одну бригаду) каждого депо.

Анализ существующих способов обслуживания поездов показал, что наибольшее распространение имеет плечевая езда, когда весь объем поездной работы выполняют локомотивные бригады одного основного депо. Это ограничивает возможность централизованного регулирования приведенной загрузки основных депо заданного полигона путем перераспределения поездной работы.

Более широкие возможности улучшения организации работы локомотивных бригад предоставляет накладной способ обслуживания, когда на участке работают бригады двух смежных основных депо. Данный способ позволяет путем оптимального выбора конкретных поездов, обслуживаемых бригадами одного и второго депо, максимально сократить встречное следование "пассажирами" и минимизировать суммарное время нахождения локомотивных бригад в пунктах оборота. Но главным преимуществом накладного способа является то, что перераспределение объемов поездной работы (изменение количества пар обслуживаемых поездов) достигается ре-

гулировка приведенной загрузки основных депо заданного полигона.

При наличии участков с накладной ездой заданный полигон можно представить как систему сообщающихся сосудов, где каждое депо - это сосуд, а участки с накладной ездой - это трубы, связывающие сосуды между собой. Если основание сосуда пропорционально явочному штату, а объем жидкости пропорционален объему поездной работы депо (суммарным затратам рабочего времени локомотивных бригад), то уровень жидкости будет пропорционален приведенной загрузке депо. Таким образом, перераспределение объемов работ направлено на выравнивание усредненных по каждому депо показателей среднесуточной выработки рабочих часов (приведенной загрузки). Это обеспечивает равномерную загрузку и равноценные условия труда и отдыха локомотивных бригад всех депо заданного полигона.

Процесс регулирования загрузки локомотивных бригад полигона, в конечном счете, должен заканчиваться указанием конкретных поездов, выделяемых для обслуживания каждому депо. Для этого необходимо решить две взаимосвязанные задачи. Определить объемы работ всех депо, обеспечивающие равномерную загрузку локомотивных бригад. Затем решить задачу оптимизации увязки поездов в пары на каждом участке с накладной ездой (с учетом ограничений на объемы работ, полученных в предыдущей задаче). При этом минимизируется количество случаев встречного следования "пассажирами" и суммарное время нахождения локомотивных бригад в пунктах оборота.

Математическая постановка первой задачи сформулирована в диссертационной работе. При распределении поездной работы в одном виде движения необходимо минимизировать целевую функцию

$$\sum_{i=1}^m |\tau - \tau_i| \rightarrow \min \quad (1)$$

при следующих ограничениях:

$$t_{ij} \geq 0, \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m t_{ij} = T_j, \quad j=1,2,\dots,n, \quad (3)$$

где τ, τ_i - среднесуточная выработка рабочих часов, приходящаяся на одну локомотивную бригаду (приведенная загрузка) полигона (или i -го депо);

t_{ij} - затраты рабочего времени бригад i -го депо на j -м участке;

T_j - суммарные затраты рабочего времени на обслуживание плановых поездов на j -м участке.

Минимизация модуля разности среднесуточных выработок обеспечивает приближение τ_i к требуемому значению как снизу, так и сверху.

Приведенная загрузка определяется по формуле:

$$\tau_i = \frac{1}{\Psi_i} (T_{oi} + \sum_{j=1}^n t_{ij}), \quad i=1,2,\dots,n, \quad (4)$$

где Ψ_i - явочный штат локомотивных бригад i -го депо на очередной расчетный период;

T_{oi} - затраты рабочего времени на обслуживание неплановых и нераспределяемых поездов (вопрос об их учете рассмотрен ниже).

В процессе решения определяют объемы работы t_{ij} (на участках с накладной ездой), обеспечивающие минимальное разли-

чие показателей приведенной загрузки каждого депо.

Наличие у машинистов нескольких прав управления локомотивом, позволяющее им работать в разных видах движения и тяги, делает возможным регулирование загрузки бригад депо путем перевода определенного контингента из одной группы в другую.

При совместном планировании загрузки локомотивных бригад заданного полигона в S видах движения и тяги необходимо минимизировать следующую целевую функцию:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^k |\tau - \tau_{i_s}| \rightarrow \min \quad (5)$$

при ограничениях:

$$t_{i_s j} \geq 0, \quad s=1,2,\dots,k, \quad i=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,n, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^k t_{i_s j} = T_j, \quad j=1,2,\dots,n, \quad (7)$$

$$\Psi_{i_s} \leq \Psi'_{i_s}, \quad s=1,2,\dots,k, \quad i=1,2,\dots,m, \quad (8)$$

$$\sum_{s=1}^k \Psi_{i_s} = \Psi_i, \quad i=1,2,\dots,m, \quad (9)$$

где Ψ_{i_s}, Ψ'_{i_s} - необходимое и максимально возможное (с учетом наличия нескольких прав управления) количество локомотивных бригад i -го депо, выполняющих s -ый род работы. Выражение для определения τ_{i_s} получают заменой в формуле (4) i на i_s

Решение задачи (5-9) направлено не только на определение объемов работы $t_{i_s j}$ (на участках с накладной ездой), но и

распределение явочного штата Π_i каждого депо на группы (по роду выполняемой работы).

В процессе решения второй задачи (увязки поездов в пары) объемы работ каждого депо детализируются до конкретного поезда. Математическая постановка данной задачи для участков с парными и непарными размерами движения (при накладном способе обслуживания) формулируется в следующем виде. Необходимо минимизировать целевую функцию:

$$\left(\sum_{i=1}^{N_4} \sum_{j=1}^{N_{44}} t_{ij}^{н.а} z_{ij}^0 + \sum_{i=1}^{N_4} \sum_{j=1}^{N_{44}} t_{ij}^{н.в} z_{ij}^1 \right) \rightarrow \min \quad (10)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{j=1}^{N_{44}} z_{ij}^0 + \sum_{j=1}^{N_{44}} z_{ij}^1 = 1, \quad i=1, 2, \dots, N_4, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{N_4} z_{ij}^0 + \sum_{i=1}^{N_4} z_{ij}^1 = 1, \quad j=1, 2, \dots, N_{44}, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^{N_4} \sum_{j=1}^{N_{44}} z_{ij}^0 = N_A, \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^{N_4} \sum_{j=1}^{N_{44}} z_{ij}^1 = N_B, \quad (14)$$

где $t_{ij}^{н.а}$, $t_{ij}^{н.в}$ — время нахождения локомотивной бригады депо А (В) в пункте оборота при обслуживании i -го и j -го поездов;

z_{ij}^0 , z_{ij}^1 — переменная назначения, указывающая на возможность увязки i -го и j -го поездов по пункту оборота В (А) при $z_{ij}^1 = 1$, и невозмож-

ность при $z_{ij} = 0$
 $N_{ч}, N_{нч}$ - количество поездов в четном (нечетном) направлении.

Ограничения на количество пар поездов N_A и N_B являются результатами решения задачи (1-3) или (5-9).

Решение данной задачи направлено на минимизацию встречного следования "пассажирами" и суммарного времени нахождения локомотивных бригад в пунктах оборота при заданных ограничениях на объемы работ каждого депо.

Четвертый раздел посвящен исследованиям вопросов рациональной загрузки локомотивных бригад полигона, работающих в одном и нескольких видах движения и тяги. Дается описание разработанного автором способа попарного выравнивания.

Внедрение комплекса задач планирования работы локомотивных бригад депо (выполненное ДИИТом в период с 1975 по 1982 годы более чем в 65-ти депо 17 железных дорог) позволило улучшить условия организации их труда и отдыха. Вместе с тем, анализом использования локомотивных бригад в границах полигона (отделение, дорога) установлено, что показатели приведенной загрузки разных депо имеют значительные колебания. Оценка приведенной среднесуточной выработки рабочих часов по каждому месяцу и фактического наличия локомотивных бригад показала, что не всегда имеет место качественное использование имеющихся в масштабе полигона возможностей. Это подтверждается также и результатами сопоставления данных о суммарном количестве часов сверхурочной работы, недоработок, следования бригад "пассажирами". Так суммарное количество часов недоработок составляет от 5% до 15%, а время встречного следования бригад "пассажирами" - от 10% до 30% общего количества часов сверхурочной работы.

Исследование причин такого положения показало, что основными из них являются: отсутствие комплексного планирования в границах полигона, включающего в себя этапы годового и текущего (месячного или квартального) планирования работы локомотивных бригад; несоответствие штатов депо планируемым объемам работы; слабое распространение накладного способа обслуживания, позволяющего не только минимизировать встречное следование "пассажирами", но и регулировать загрузку локомотивных бригад заданного полигона; незначительное использование возможности перевода бригад (имеющих несколько прав управления локомотивом) из одного вида движения в другой.

Устранение перечисленных причин может быть достигнуто путем совершенствования методов планирования работы локомотивных бригад в границах полигона и проведения соответствующих организационных мероприятий в подразделениях локомотивного хозяйства.

Выполнение составленных планов с учетом реальных изменений в поездной обстановке, соблюдение установленных норм труда и отдыха локомотивных бригад является функцией оперативного регулирования работы бригад.

Разработанная в диссертации методика текущего (месячного или квартального) планирования загрузки локомотивных бригад заданного полигона направлена на координацию действий основных депо по обеспечению выполнения плана перевозок. Длительность периода текущего планирования в границах полигона в каждом конкретном случае должна увязываться с продолжительностью соответствующего периода решения задач планирования в депо.

Для решения задач распределения объемов работы между основными депо полигона в одном виде движения (задача 1-3) и

совместного планирования загрузки локомотивных бригад заданного полигона в нескольких видах движения и тяги (задача 5-9) разработан способ попарного выравнивания.

Сущность способа попарного выравнивания заключается в следующем. Путем попарного сопоставления показателей приведенной загрузки p -го ($p=1,2,\dots,m-1$) и l -го ($l=p+1,\dots,m$) депо определяется теоретическая величина передаваемого объема поездной работы S -го рода, обеспечивающего равенство сопоставляемых показателей.

$$\Delta T'_{p,l_s} = \frac{\omega_{p_s} \omega_{l_s} |\tau_{p_s} - \tau_{l_s}|}{\omega_{p_s} + \omega_{l_s}} \quad (15)$$

Если $\Delta T'_{p,l_s} \geq T_{гр}$ (минимальное время обслуживания пары поездов), то формируется цепь перераспределения (последовательность участков с накладной ездой), позволяющая выполнить передачу избыточной поездной работы.

После перераспределения поездной работы проверяется загрузка разных групп бригад (по роду работ) для каждого депо. Если $\tau_{i_s} > \tau_{i_l}$, то величина передаваемого контингента бригад определяется как:

$$\Delta \omega_{i_s, i_l} = \min \left\{ \left[\frac{\omega_{i_s} \omega_{i_l} (\tau_{i_s} - \tau_{i_l})}{\tau_{i_s} \omega_{i_s} + \tau_{i_l} \omega_{i_l}} \right]; (\omega'_{i_s} - \omega_{i_s}) \right\} \quad (16)$$

В результате решения определяют объемы работ каждого депо, позволяющие обеспечить равномерную загрузку всех основных депо полигона.

В пятом разделе проведено исследование и разработка методики оптимальной организации работы локомотивных бригад в пре-

делах одного участка обслуживания.

Организация работы локомотивных бригад в пределах одного участка обслуживания является составной частью общего комплекса задач планирования, решаемых как в депо, так и в границах полигона. Здесь необходимо составить оптимальный график работы бригад по организации обслуживания поездов конкретного участка с учетом всех требований и ограничений трудового законодательства. На участках с накладной ездой необходимо также осуществить распределение поездной работы между смежными основными депо.

Для оптимизации увязки поездов в пары при накладной (задача I0-I4) и плечевой езде (задача I0-I2, при условии $z_{ij}^* \equiv 0$ для всех i, j) разработан способ минимальных разностей. Алгоритм решения состоит из трех этапов.

На первом этапе формируют одну или две (для накладной езды) матрицы возможных увязок. Элементы матриц t_{ij}^n принимают значение времени нахождения бригады в пункте оборота при обслуживании i -го (строки матрицы) и j -го (столбцы матрицы) поездов, если увязка в пару возможна, или заведомо большого числа "М", если увязка невозможна.

На втором этапе осуществляется выбор начального решения, минимизирующего целевую функцию и удовлетворяющего ограничениям (I2-I4) или ограничению (I2) (для плечевой езды). Для выбранных элементов (увязок в пару i -го и j -го поездов)

$$z_j = \min_i t_{ij}^n, \quad t_{ij}^n \neq "M", \quad i=1,2,\dots,N_{ч}, \quad j=1,2,\dots,N_{нч}$$

переменная назначения $z_{ij}=1$, для остальных - ноль. При накладной езде из каждой пары выбранных элементов с одинаковым индексом столбца выбирают один. Количество выбранных

элементов в матрицах соответствует ограничениям (I3, I4).

Поиск оптимального решения выполняется на третьем этапе. В процессе поиска осуществляется: проверка соблюдения всех ограничений; определение области поиска; целенаправленный поиск наиболее выгодного варианта изменения промежуточного решения.

Изменение промежуточного решения направлено на перемещение лишних выбранных элементов отрицательных строк (для них левая часть ограничения II больше единицы) в положительные (левая часть ограничения II равна нулю). Перемещения приводят к увеличению значения целевой функции (I0). Цель поиска - выбор варианта с минимальным приращением целевой функции. Величина приращения Δ определяется по следующим выражениям.

Одношаговое перемещение из отрицательных строк в положительные:

$$\Delta = \min_j \Delta_j, \quad \Delta_j = \min_k (t_{kj}^H - t_{nj}^H), \quad j \in P_-,$$
$$z_{kj} = 0, \quad z_{nj} = 1, \quad k \in M_+, \quad n \in M_-, \quad t_{kj}^H \neq "M"$$

Двухшаговое перемещение из отрицательной строки в единичную (левая часть ограничения II равна единице) и из данной единичной в положительную:

$$\Delta = \min_{i,j} (\Delta_i + \Delta_j), \quad \Delta_i = (t_{ki}^H - t_{zi}^H),$$
$$\Delta_j = \min_n (t_{zj}^H - t_{nj}^H), \quad i \in P_+, \quad j \in P_-,$$
$$z_{ki} = 0, \quad z_{zi} = 1, \quad k \in M_+, \quad z \in M_+, \quad t_{ki}^H \neq "M",$$
$$z_{zj} = 0, \quad z_{nj} = 1, \quad n \in M_-, \quad t_{zj}^H \neq "M",$$

4842a

где M_+ - подмножество номеров положительных строк,
 M_0 - подмножество номеров единичных строк,
 M_- - подмножество номеров отрицательных строк,
 P_1 - подмножество номеров единичных столбцов
(выбранный элемент столбца находится в единичной строке),
 P_- - подмножество номеров отрицательных столбцов
(выбранный элемент столбца находится в отрицательной строке).

Выражения для определения Δ при двухшаговом обмене аналогичны выражениям для двухшагового перемещения. Однако здесь выбранные элементы до и после перемещения должны находиться в разных матрицах. Поиск решения прекращается, когда удовлетворены все ограничения.

В результате решения данной задачи происходит детализация распределения объемов работ до конкретного поезда. Одновременно с этим минимизируется встречное следование "пассажирами" и суммарное время нахождения локомотивных бригад в пунктах оборота.

В работе рассмотрены вопросы учета требований и ограничений трудового законодательства, организации совместного обслуживания грузовых и пассажирских поездов, реализации традиционного принципа увязки поездов в пары - "первый приехал - первый уехал", учета местных особенностей организации работы локомотивных бригад.

В шестом разделе приведены общие принципы автоматизации комплексного планирования работы локомотивных бригад на заданном полигоне с учетом взаимосвязи с задачами планирования работы бригад депо, рассматривается практическое применение

результатов исследования и их эффективность.

Комплексное планирование работы локомотивных бригад полигона делится на два этапа - годовое и текущее (месячное или квартальное) планирование.

Планирование работы бригад на первом этапе связано с необходимостью прогнозирования объемов работы, определяемых по суммарным затратам рабочего времени на обслуживание поездов. В настоящее время ДИИТом завершена разработка программ для автоматизации с помощью ЕС ЭВМ сбора информации о затратах рабочего времени на базе данных задач "Интегрированная обработка маршрута машиниста" (ИОММ) и "Автоматизированная система бухгалтерского учета" (АСБУ). Прогнозирование объемов работ на предстоящий период базируется на соответствующих разработках ДИИТа.

Особенностью прогнозирования объемов работы в масштабе полигона является необходимость получения данных не только для каждого депо, но и для участков, обслуживаемых накладным способом. Перспективные диаграммы участков с накладной ездой используют при формировании правых частей ограничений (3) или (7). Перспективные диаграммы каждого депо (без учета затрат на участках с накладной ездой) используют при формировании данных T_{oi} об объемах неплановой и нераспределяемой работы (выражение 4).

Определение штатов локомотивных бригад, необходимых для освоения прогнозируемых объемов работы, является одной из наиболее важных задач планирования. Определение суммарного списочного штата локомотивных бригад полигона ΣC осуществляется на базе графического метода ДИИТа, а для его распределения между основными депо используется задача (1 - 3). Решая задачу (1 - 3), определяют объемы работ T_i каждого основного депо,

обеспечивающих равномерную загрузку существующих штатов. После этого, распределение величины $\Sigma \text{Ш}_{ci}$ (определение списочного штата каждого депо Ш_{ci}) выполняется пропорционально объемам работ T_i по следующей формуле:

$$\text{Ш}_{ci} = \frac{\text{Ш}_c T_i}{T_c}, \quad \sum_i \text{Ш}_{ci} = \text{Ш}_c, \quad (17)$$

где T_c - общий объем работы на полигоне $T_c = \sum_i T_i$

Этап годового планирования завершается на уровне депо. Здесь составляется план предоставления локомотивным бригадам очередных отпусков, определяются явочные и временные штаты, необходимые для выполнения планируемых объемов работ T_i

Второй этап - текущее планирование, включает в себя следующие задачи. Распределение объемов работы локомотивных бригад между основными депо полигона, пропорционально фактическим явочным штатам. Оптимизация увязки поездов в пары, с учетом ограничений на объемы работ каждого депо.

Полученные данные используют при организации работы бригад по именным графикам и решению других вопросов текущего планирования на уровне депо.

В работе приведены: технологический процесс решения с помощью ЭВМ задачи распределения объемов работы локомотивных бригад между основными депо полигона; требования и способы создания имитационной модели, позволяющей применять разработанную методику для получения количественных оценок перспективных вариантов организации работы локомотивных бригад (при изменении расположения пунктов оборота и депо приписки бригад, а также схем обслуживания участков).

В настоящее время вопросы планирования работы локомотивных бригад решаются только на уровне депо, а вопросы координации

деятельности, а также совместного планирования работы бригад всех депо полигона (отделения, дороги) не решаются. Для практического применения предлагаемой методики необходимо в штате служб локомотивного хозяйства выделить ответственных исполнителей - группы планирования работы локомотивных бригад дороги. В функции данных групп должны входить: подготовка материалов, необходимых для автоматизированного планирования работы локомотивных бригад, контроль достоверности исходной информации линейных предприятий (депо) и осуществление связи с дорожным вычислительным центром; текущий контроль исполнения линейными предприятиями составляемых планов работы локомотивных бригад; разработка на базе предлагаемой методики перспективных вариантов организации работы бригад.

Методика автоматизированного планирования работы локомотивных бригад полигона использована при разработке предложений по улучшению организации работы локомотивных бригад пассажирского движения Крымского направления и увеличению пропускной способности ст. Лозовая.

В результате моделирования с помощью ЭВМ различных вариантов организации работы локомотивных бригад на рассматриваемом полигоне и анализа полученных показателей, предложен вариант с ликвидацией смены бригад по ст. Лозовая и введением накладного способа обслуживания на участке Мелитополь-Харьков. Рекомендованный вариант утвержден ИПС.

Экономическая эффективность от внедрения разработанных предложений:

- за счет условного высвобождения 16,7 локомотивных бригад экономический эффект в денежном выражении составил 96,8 тысяч рублей/год;

- ликвидирован в летнее время и сокращен с 24% до 9% в зимний период удельный вес времени следования бригад "пассажирами";
- суммарное время нахождения локомотивных бригад в пунктах оборота сократилось летом на 31 час/сутки (что составляет 21%), зимой на 18 час/сутки (или 33%).

Результаты выполненных исследований использованы при разработке методики, технического задания, технического и рабочего проектов комплекса задач "Оптимизация распределения объемов работы локомотивных бригад между основными депо полигона" для ЕС ЭВМ, входящего в функциональную подсистему АСУАТ "Управление локомотивным хозяйством". Данный комплекс в 1962 году прошел опытную эксплуатацию, а в 1963 году принят в промышленную эксплуатацию на Приднепровской дороге.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Отсутствие комплексного планирования работы локомотивных бригад в границах полигона существенно снижает эффективность от внедрения передовых методов планирования на уровне депо, отрицательно сказывается на показателях работы и условиях труда и отдыха бригад.

Дальнейшее повышение эффективности планирования и организации работы локомотивных бригад может быть достигнуто при тесной взаимосвязи задач планирования, решаемых как в конкретных депо, так и в границах заданного полигона.

2. Выполненные в диссертации исследования позволили разработать методику комплексного планирования работы локомотивных бригад в границах полигона. Цель такого планирования - повышение эффективности использования бригад за счет оптимального распределения объемов поездной работы.

Практическое применение предлагаемой методики, контроль исполнения составляемых планов, разработка перспективных вариантов организации работы локомотивных бригад дороги должны осуществляться службами локомотивного хозяйства.

3. Комплексное планирование работы локомотивных бригад заданного полигона должно включать в себя этапы: годового планирования, базирующегося на прогнозируемых объемах работы бригад на предстоящий год; текущего (месячного или квартального) планирования в границах полигона – распределение объемов поездной работы между основными депо, и на уровне депо – периодическое составление именных графиков работы бригад.

4. Прогнозирование объемов работы на предстоящий планируемый год рекомендуется выполнять с использованием статистических данных о ежесуточных затратах рабочего времени локомотивных бригад. Критерием оценки качества планирования загрузки бригад заданного полигона необходимо принять среднесуточную выработку рабочих часов, приходящихся на одну локомотивную бригаду (приведенную загрузку).

5. Для автоматизации с помощью ЭМ процесса планирования загрузки бригад в границах полигона разработан типовой комплекс алгоритмов и программ решения задач оптимального распределения объемов работы локомотивных бригад между основными депо заданного полигона.

6. Предложенный в диссертационной работе способ создания имитационной модели позволяет применять разработанную методику для получения количественных оценок перспективных вариантов организации работы локомотивных бригад, связанных с изменением расположения пунктов оборота и депо приписки бригад, а также способов обслуживания поездов на участках в границах заданного

полигона.

7. В результате внедрения разработанной методики автоматизированного планирования загрузки локомотивных бригад полигона на направлении Мелитополь-Львов (пассажирское движение) получены следующие показатели: экономический эффект в денежном выражении составил 96,8 тысяч рублей в год; ликвидирован в летнее время и сокращен с 24% до 9% в зимний период удельный вес времени следования бригад "пассажирами"; сокращено на 21% в летний и на 33% в зимний периоды суммарное время нахождения локомотивных бригад в пунктах оборота.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Оптимизация времени нахождения локомотивных бригад в пунктах оборота методом минимальных разностей. Труды ДМИТа, вып. 162/6, Днепропетровск, 1975, с. 71-74 (соавтор С.И.Нестеренко).

2. Общие принципы повышения эффективности работы локомотивных бригад на заданном полигоне. Труды ДМИТа, вып. 193/5, Днепропетровск, 1977, с. 68-73 (соавтор С.И.Нестеренко).

3. Как рассчитать явочный штат локомотивных бригад. "Электрическая и тепловозная тяга", № II, М., 1977, с. 21-24 (соавторы С.И.Нестеренко, Л.М.Корнеева).

4. Планирование с помощью ЭВМ эксплуатационной работы локомотивных бригад на заданном полигоне. Тезисы докладов на XV общесетевой научно-технической конференции по применению математических методов и ЭВМ в эксплуатации железных дорог. М., 1978, с. 27-28 (соавтор С.И.Нестеренко).

5. Опыт решения и перспективные направления развития, совершенствования и автоматизации комплексного планирования работы

локомотивных бригад на базе ЭВМ. Тезисы докладов на межвузовской научно-практической конференции по проблемам совершенствования технологии перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. М., 1979, с.165-166 (соавтор С.И.Нестеренко).

6. Применение ЭВМ для распределения поездов между смежными основными депо при организации работы локомотивных бригад способом накладных плеч. Труды ДИИТа, вып. 213/13, Днепропетровск, 1980, с.57-72.

7. Исследование вопросов оптимального распределения объемов работы локомотивных бригад между основными депо полигона. Труды ДИИТа, вып. 213/13, Днепропетровск, 1980, с. 40-57.

Автореферат.

БТ 70370. Подписано к печати 29.04.84г. Формат 60x84/16. Бумага писчая. Печать плоская. Усл. печ. л. 1,39. Тираж 100. Заказ № 5298. Бесплатно. Городская типография № 3 Днепропетровского областного управления по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, 320000 г. Днепропетровск, ул Серова, 7