

**МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР  
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

**В.А. КИРЬЯКОВ**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ РАБОТЫ  
НАЛИВНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ  
С ПОМОЩЬЮ ЭЦВМ**

**Специальность № 06.434  
Эксплуатация железнодорожного транспорта**

**А в т о р е ф е р а т**

**К И Е В - 1 9 7 0**

4147a

НТБ  
ДНУЖТ

414790  
Кирьяков В.А.  
Бирюзов Роман  
он сраб. рабочий

Продолжи рассказ  
о жизни рабочих

Продолжи работу

НТБ  
ДНУЖТ

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР  
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В.А.НИРЬКОВ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОЙ РАБОТЫ НАЛИВНОЙ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

Специальность № 05.434

Эксплуатация железнодорожного транспорта

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

К И Е В 1

НТБ  
ДНУЖТ

4/479

Работа выполнена в ордена Ленина Институте кибернетики  
АН УССР.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук	В.В.ИВАНОВ
кандидат технических наук	Б.дел Рио

Официальные оппоненты:

доктор технических наук	Е.М.ПАСИТ
кандидат технических наук	Н.Д.ИЛОВАЙСКИЙ

Ведущее предприятие: Рязанское отделение Московской  
железной дороги

Автореферат разослан " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1970 г.

Защита диссертации состоится " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1970 г.  
на заседании Ученого совета Днепропетровского института инженеров  
железнодорожного транспорта.

Адрес института: Днепропетровск 10, ул. Университетская, 2

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

Б.КЛИМОВСКИЙ

НТБ  
ДНУЖТ

В Программе КПСС по созданию материально-технической базы коммунизма в нашей стране предусматривается ускорение темпов развития и небывалый рост масштабов производства в газовой, нефтеперерабатывающей и химической промышленности. К 1970 году добыча газа и газового конденсата составит 225-240 млрд. куб. метров, нефти - 345-355 млн. тонн, минеральных удобрений будет произведено 62-65 млн. тонн. За пятилетие объем первичной переработки нефти и производство светлых нефтепродуктов увеличится в 1,4 - 1,5 раза, смазочных масел - в 1,4 раза, кислот - не менее чем в 3 раза. Возрастает выпуск жидких пищевых продуктов.

Железнодорожному, как и другим видам транспорта, предстоит освоить большой объем наливных перевозок. В 1970 году по железным дорогам должно быть перевезено свыше 400 млн. тонн наливных грузов.

Вместе с этим, XXIII съезд КПСС призвал советских людей "Повысить эффективность производства на основе технического прогресса совершенствования организации труда и производства, улучшения использования производственных фондов и капитальных вложений, улучшения качества продукции, осуществления строжайшего режима экономии". ж/

Транспорт, оснащенный новейшей техникой, является крупным источником экономии материальных ресурсов и денежных средств.

В этой связи важнейшее народнохозяйственное значение имеет вопрос ускорения оборота специального подвижного состава /цистерн и полувагонов-бункеров/. Решение проблемы во многом зависит от качества организации работы наливных и сливных станций.

---

ж/ Директивы XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966-1970 годы. Госполитиздат, М., 1966.

Внедрение современных научных методов и электронных цифровых вычислительных машин /ЭЦМ/ в сферу организационно-хозяйственной деятельности существенно повышает качество руководства, обеспечивает переход организационного управления на более высокую ступень.

Вопросам автоматизации диспетчерского управления на железнодорожном транспорте посвящен ряд отечественных работ.

Член-корреспондент АН СССР, профессор А.П.Петров<sup>ж/</sup> изложил равнообразные аспекты использования вычислительных машин для совершенствования управления перевозочным процессом: дистанционная передача информации о расписаниях поездов, автоматизация текущего планирования, повышение точности вагонопотоков, составление суточных планов и др.

Идея создания системы комплексной автоматизации диспетчерского управления /КАДУ/ подробно описана к.т.н. Б.дел Рио<sup>жж/</sup>. Он предложил и теоретически обосновал методику построения оптимального графика движения поездов на поездоном участке, оборудованном управляющими вычислительными машинами /УВМ/.

Система автоматизации регулирования движения поездов на участках - "автодиспетчер" /автор к.т.н. Б.А.Завьялов/<sup>жжж/</sup> базируется на устройствах железнодорожной автоматики с применением двух УВМ. Система работает: а/ в режиме советчика диспетчера, б/ в полуматематическом и в/ в полностью автоматизированном режиме.

Задача обеспечения взаимодействия в работе промышленной и магистральной станций использует принципы построения и оптимизации

---

ж/ "Управление перевозочным процессом с применением ЭЦМ", под общей ред. А.П.Петрова, Трансжелдориздат, М., 1963.

жж/ Б.дел Рио "Автоматизация диспетчерского управления", изд-во "Наукова думка", К., 1965.

жжж/ Б.А.Завьялов "Автодиспетчер", журн. "Автоматика, телемеханика и связь", № 6, 1967, 16-19.

сетевых графиков /к.т.н. Р.И.Балч<sup>ж/</sup>/. При построении критического пути за эталон берется норма времени на обработку вагонов от момента их прибытия на магистральную станцию до момента их отправления с этой же станции на участок сети МПС. Составная графика, варьирует продолжительностью обработки различных групп вагонов и, в результате, добиваются упорядочения общего технологического цикла района прицепания.

Метод решения задачи планирования работы станции<sup>жж/</sup> основан на конкретном рассмотрении объекта как организационной совокупности, основные элементы которой рассчитываются не изолированно, а во взаимной связи. Цикл обработки каждого поезда включает несколько фаз /прием, отправление, сквозной пропуск и т.д./, а каждая фаза состоит из нескольких операций /занятие блок-участков приближения, горловины станции, путей и т.д./. Алгоритмическая система представляется набором блоков, в которых имитируется каждый элемент технологического процесса.

Алгоритм математического моделирования работы грузовой станции<sup>жжж/</sup> основан на том, что каждой элементарной операции приписывается ценность, выраженная в баллах, после чего выбираются операции, имеющие наибольшую ценность. Шкала балльных оценок учитывает состояние станции и режим работы грузового фронта.

Балльный принцип оценки операций содержит некоторую искусственность в выборе решений и не отвечает объективному анализу станционных обстановок во времени. Представляется, и автор отме...

ж/ Материалы VI Общесетевой научно-технической конференции "Применение математических методов и ЭЦВМ в эксплуатации железных дорог", МПС, МИИТ, март, 1969.

жж/ В.А.Персианов, Н.С.Усков, И.Е.Еликова, "Расчет пропускной способности станции моделированием процессов на ЭЦВМ", журн. "Железнодорожный транспорт", № 10, 1969, 25-28.

жжж/ А.Г.Седых "Математическое моделирование работы грузовой станции", журн. "Железнодорожный транспорт", № 8, 1967, 50-62.

часть это сам, весьма трудоемкой процедура реализации алгоритма на машине, что может сказаться при практическом применении метода на замедлении темпа планирования маневровой работы станции.

В Институте кибернетики АН УССР освоен способ вероятностно-автоматного моделирования и изучения сложной экономической системы - крупного нефтеперевалочного узла /нефтебаза - морской порт/.<sup>\*/</sup> Этот метод весьма перспективен и для наливных железнодорожных станций, особенно на этапе их реконструкции.

Имеются и другие отечественные работы в этой области/А.А.Эйлер, Н.Д.Идовайский, Л.П.Тулупов, В.А.Вулянов и др./, а также зарубежные работы.

На, оставших традиционными, ежегодных научно-технических конференциях МИИТа "Применение математических методов и ЭЦМ в эксплуатации железных дорог", и на других форумах отмечалось все более широкое внедрение математики и кибернетики в управлении транспортом. Многие выступления были посвящены использованию /как наиболее приемлемого/ аппарата теории вероятностей для оперативного прогнозирования эксплуатационной работы транспортных подразделений.

Настоящая работа посвящена вопросам рационализации оперативного планирования маневровых процессов в смене, и преследует следующие цели.

1. Разработать основные принципы алгоритмизации прогнозирования передвижений на наливных железнодорожных станциях.

2. Построить типовую математическую модель и оптимизирующую программу решения задачи наилучшей организации маневровой /вывозной/ работы на примере конкретного объекта - наливной станции Станькино-II, обслуживающей крупный нефтеперерабатывающий завод /ИЗ/.

---

\*. А.А.Бакаев, Н.И.Костина, Н.В.Яровицкий "Вероятностно-автоматная модель системы функционирования морского нефтяного района", журн. "Механизация и автоматизация управления", № 1, 1969, №, 5-6.



3. Оптимизировать режим функционирования этой системы в лабораторных и производственных условиях.

4. Провести опытно-промышленное оперативное планирование на станции.

5. Подготовить материалы для внедрения методики и программы в практику планирования работы станции.

В процессе исследования был использован опыт работы наливной железнодорожной станции Стенькино-II.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, трех приложений и списка литературы.

Введение содержит общую постановку задачи, краткий обзор литературы, перечень вопросов, рассматриваемых в дальнейшем изложении.

В первой главе кратко описывается технологический процесс и рассматриваются вопросы алгоритмизации наливных станций. Параграф 1.1 этой главы посвящен характеристике и анализу работы наливных станций там же подчеркиваются отличительные черты этих станций и приведен способ кодирования функциональных операций.

Основным видом технической работы наливной станции, как системы, являются маневровые передвижения - операции, которые отличаются характером выполнения маневров /осаживанием, толчками, передачей/ и целенаправленностью, в результате чего система имеет то или другое размещение подвижного состава, большую или меньшую "мобильность", способность обработать вагонопоток и удовлетворить запросы нефтехимических предприятий.

Для наливной станции Стенькино-II рассматриваются такие операции: расформирование и формирование порожних составов и наливных маршрутов; качественный осмотр котлов цистерн и заправка клапанов сливных приборов; подачи и уборки вагонов на грузовые фронты, в пропарочный цех и депо; налив и слив грузов; ввоз и вывоз поездов в пределах железнодорожного узла.

Задачу оптимального планирования маневровых операций решить аналитическими методами весьма трудно. Но, приближенно оценивая события и моделируя на ЭЦМ производственные ситуации, можно имитировать развитие эксплуатационного процесса во времени и в пространстве.

В основу разработки алгоритма оптимизации приняты следующие положения /1.2/.

1. Формализация в виде конечного набора операций. Это положение естественно вытекает из анализа стационарных процессов, являющихся типичными дискретными процессами, в которых можно фиксировать как моменты окончания действий, так и четкость их выполнения в системе.

2. Использование не всей совокупности данных об эксплуатационном процессе только самых необходимых для планирования. К ним относятся: постоянные и переменные характеристики /состояния/ напольных устройств, грузовых фронтов и поданного состава; прогнозы производства промышленных предприятий и подходов поездов с прилегающих участков; план формирования и графики отправления наливных маршрутов; оперативные планы-задания; технологические нормативы; операции, требующие выполнения.

3. Представление в памяти ЭЦМ закодированной информации об объектах. Цифровая схема - машинная модель - включает данные об основных технико-эксплуатационных параметрах станции. Стратегия алгоритма направлена на преобразование кодов в модели.

4. Вероятностный подход к оценке количества прибывающих цистерн. Разложения составов поступающих на станцию поездов носят случайный характер. В информации о подходах поездов /за несколько часов перед прибытием/ очень приблизительно указано количество цистерн по родам нефтепродуктов и качество их обработки. Точное разложение состава поезда будет известно после прибытия последнего и его осмотра. Однако учитывать коммерческие характеристики ваго-

нов диспетчеру необходимо заблаговременно, что он и делает на основании накопленного опыта.

Как правило, состав цистерн включает группы вагонов, годных под налив нескольких  $[Q(q)]$  видов нефтепродуктов - бензина, керосина, мазута и т.д. Сколько вагонов в каждой группе - заранее неизвестно. Вопрос заключается в определении долей вероятностей того, что в составе будет столько-то цистерн бензиновых, столько-то керосиновых, столько-то мазутовых и т.д. С учетом статистического анализа вагонопотоков в процессе решения задачи готовится информация о поступающем подвижном составе, а затем моделируются различные варианты маневровых передвижений.

5. Построение логической структуры алгоритма задачи с учетом технологических требований производства маневров: враждебности маршрутов передвижений на станции, необходимости подключения к работе вспомогательного локомотива и прочих факторов, специфических для каждой станции.

6. Разработка типовых алгоритмов и программ. Единый порядок обработки цистерн на различных железнодорожных станциях определяет общность математических моделей, позволяет применять одинаковые критерии оптимальности и свести оптимизационные задачи к классу комбинаторных задач.

Задача оптимизации /постановка дана в параграфе 1.3/ возникает всякий раз при поступлении в станционный диспетчеру информации о подходах поездов и наличии нескольких видов нефтепродуктов, которые необходимо как можно скорее налить в цистерны; вагоны без потерь времени должны быть сформированы в поезда и отправлены потребителям.

В условиях напряженного оперативного управления при остром дефиците времени командиру смены не всегда удается выбрать лучший порядок проведения операций. Вследствие этого измерители работы

станций и, в первую очередь, показатели простоя вагонов оказываются завышенными.

Задача состоит в том, чтобы найти такие состояния системы, при которых в итоге на период планирования имело бы место выражение:

$$\min K_{\text{прост}} < K_{\text{аэп}} \quad //$$

где  $K_{\text{аэп}}$  и  $K_{\text{прост}}$  - значения вагоно-минут непроизводительного простоя цистерн при диспетчерском и машинном способах планирования.

Обычно руководитель смены планирует загрузку локомотивов на период  $T$  - 2-3 часа, на машине это можно сделать и на более длительный отрезок времени. Однако, с увеличением  $T$  достоверность решений со временем снижается и для диспетчера, отдаленные события теряют ценность. Как показали опыты машинного планирования наиболее целесообразная продолжительность величины  $T$  колеблется в пределах 4-6 часов.

Вторая глава посвящена описанию математической модели и методу решения задачи оптимизации. Первый раздел содержит исходную информацию и основные ограничения задачи. В параграфе 2.2 рассматривается математическая модель.

Каждую маневровую операцию  $O$  будем описывать следующими характеристиками: количеством цистерн  $X$ , номером пути отправления  $M$ , временем готовности к передвижению  $T$ , видами перевозимого нефтепродукта  $Q$  и категории операции  $U$ , продолжительностью выполнения  $t$ , не зависящих от порядка проведения операций.

Условимся возможные решения организации маневровых передвижений называть вариантами станционной работы.

Пусть на некотором отрезке времени  $T$  /часовом его периоде планирования маневровой работы/ необходимо выполнить

$N = N_1 + N_2 + N_3$ , операций, где  $N_1$ ,  $N_2$  и  $N_3$  группы понятий чисел.

Группы  $N_1$  и  $N_2$  включают операции, готовые к выполнению соответственно до и после начала периода  $T$ . Третью группу  $N_3$  составляют операции, возникающие в результате: 1/ поступления поездов на станцию и 2/ проведения всех или некоторых операций, вводимых в начале для группы.

Станционная эксплуатационная обстановка  $\beta_i$   $i = 1, 2, \dots, N_1 N_2 + 1$  - это совокупность ряда технологических условий, определяющих появление операций в системе на момент времени  $t_i$ . Типичными условиями могут быть: наличие вагонов на пути; для операций подачи - достаточное количество цистерн, обусловленное договором на эксплуатацию подъездного пути; готовность вагонов к передвижению; наличие нефтепродукта на складе нефтеперерабатывающего завода и наряда на его вывоз; невраждебность маршрутов передвижений и т.п.

Изолирование СЭО  $\beta_i$  происходит перед проведением каждой операции  $a_i$ , процесс завершается проверкой обстановки  $\beta_{N_1+1}$  после выполнения  $a_{N_1}$ -й операции.

Предположим, что  $N$  локомотивов обслуживают все операции, причем один выполняет  $L_1$ , другой  $L_2, \dots$ , и последний  $L_H$  операций  $L_1 + L_2 + \dots + L_H = N$ .

Будем обозначать множество готовых операций, ожидающих  $h$ -й  $h = 1, 2, \dots, H$  локомотив, через  $R_{he}$ , где  $e$  - текущий номер операции, которую выполнит  $h$ -й локомотив  $e = 1, 2, \dots, L_h$ .

Вся картина ожидающих локомотивы операций представится следующей матрицей:

$$\begin{vmatrix} R_{11}, R_{12}, & , R_{1\ell}, & , R_{1L} \\ R_{21}, R_{22}, & , R_{2\ell}, & , R_{2L} \\ \\ R_{H1}, R_{H2}, & , R_{H\ell}, & , R_{HL} \\ R_{H1}, R_{H2}, & , R_{H\ell}, & , R_{HL} \end{vmatrix}$$

Начиная с любой из заданных  $\mathcal{N}_1$  операций, с учетом появления групп операций  $\mathcal{N}_2$  и  $\mathcal{N}_3$ , требуется составить все варианты сочетаний из  $\mathcal{N}$  по  $L_1, L_2, \dots, L_H$  операций. Внутри сочетаний необходимо рассмотреть возможные перестановки из  $L_1$  по  $L_1$ , из  $L_2$  по  $L_2, \dots$ , из  $L_H$  по  $L_H$  операций.

В различных эксплуатационных условиях действия диспетчера направлены на реализацию одной из нескольких функций - критериев. Рассмотрим /параграф 2.3/ наиболее часто встречающиеся.

Пусть матрица выполненных операций:

$$U_j = \begin{vmatrix} a_{11}, a_{12}, & , a_{1\ell}, \\ a_{21}, a_{22}, & , a_{2L} \\ \\ a_{H1}, a_{H2}, & , a_{HL} \end{vmatrix}$$

составит  $j$ -й вариант работы станции /  $j = 1, 2, \dots, J$ ,  $J$  - наибольший порядковый номер всего множества вариантов/.

Учитывая наименьшее время начала проведения операции и порядковый номер локомотива разместим вошедшие в  $j$ -й вариант операции в виде одной последовательности:

$$A_j = a_1, a_2 \dots a_N \quad /2/$$

Величина простоя цистерны для  $j$ -го варианта /2/ определится из выражения:

$$K_j = \sum_{i=1}^N k_i^{(j)} \quad /вагоно-минут/, \quad /3/$$

где  $i$  и  $N$  - текущий и конечный номера операций в одном варианте;  $k_i^{(j)}$  - показатель  $i$ -й операции в  $j$ -ом варианте.

Каждый  $j$ -й вариант должен быть проанализирован по минимуму затрат  $\min K_j$ , связанных с простоями цистерн. Диспетчера интересуют также варианты, при которых не нарушались бы базовые условия движения и установленный технологический режим работы наливного пункта, а вагоно-минуты простоя были бы наименьшими:

$$K_{\min} = \min_j \sum_{i=1}^N \left( \min_h \{ \tau_{\ell_1}, \tau_{\ell_2}, \dots, \tau_{\ell_N} \} - \tau_{pi}^{(j)} \right) \left[ \sum_{\substack{r=1 \\ r \neq p}}^{R_{h\ell}} x_r \right] \quad /4/$$

где

$\tau, \rho$  и  $R_{h\ell}$  - переменные и конечный номера рассматриваемых групп цистерн /  $\tau = 1, 2, \dots, R_{h\ell}$ ;  $\rho = 1, 2, \dots, R_{h\ell}'$  /

$\sum_{i=1}^{R_M} x_i$  - общее число простаивающих цистерн при выполнении  $N$  операций, включая  $p$ -ю последнюю.

Очевидно, решением задачи будет такая матрица операций  $U_j$  для которой критерий оптимальности /4/ составит наименьшее значение.

Назовем другие возможные функции-критерии:

1/ минимизация времени завершения  $i$ -й операции:

$$K_{opt} = \min_j q_i^{(j)} \quad /5/$$

2/ максимизация налива /слива/ определенного  $q$ -го продукта или всех  $Q$  продуктов /общий объем грузовой работы/:

$$K_{opt} = \max_j g_q^{(j)} \quad /6/$$

$$K_{opt} = \max_j G^{(j)} = \max_j \sum_{q=1}^Q g_q^{(j)} \quad /7/$$

3/ минимизация простоев локомотивов:

$$K_{opt} = \min_j T_{лок,j}^{(h)} = \min_j \left( \sum_{\ell=1}^{L_h} t_{лок,\ell}^{(h)} \right)_j \quad /8/$$

Задача решается методом последовательного конструирования вариантов, позволяющим через 3-4 минуты /с учетом времени переговоров оператора машины и диспетчера станции/ находить наилучшие расстановки  $N$  операций /параграф 2.4/.

Анализ частичных вариантов предусматривает:

а/ проверки занятости приемо-отправочных и эстакадных путей:

$$x_{no} = 0 \quad x_s = 0$$

б/ проверки нарушения сроков налива:  $\bar{q}_{нол}^{(x)} > t_{нол}$ , где:  $\bar{q}_{нол}^{(x)}$  и  $t_{нол}$  значения времени окончания налива  $x$  цистерн в отчетного периода,  $t_{нол} = 12$  часов;



в/ проверки враждебности маршрутов передвижений:

$$v_n^{(h)} \leq v_q \leq v_8^{(h)}; \quad h \neq q;$$

$$h = 1, 2, \dots, H; \quad q = 1, 2, \dots, H;$$

$v_n$  и  $v_8$  - нижняя и верхняя границы группы враждебных операций;

г/ проверки нарушений противопожарных и взрывобезопасных

мер:

$$| \tau_{nn} - \tau_{nn}^{(m)} | > \Delta_{техн.},$$

где  $\tau_{nn}$  и  $\tau_{nn}^{(m)}$  - начало налива на двух смежных путях эстакады,  $\Delta_{техн.}$  - технологический интервал между грузовыми операциями;

д/ сопоставления показателей частично-построенного и ранее выбранного вариантов:

$$K'(A') < K_n(A_n)$$

Последовательно увеличивая длины частичных вариантов и применяя систему проверок, алгоритм решения задачи отсекает бесперспективные продолжения вариантов и оставляет только допустимые. Развитие варианта прекращается при невыполнении хотя бы одного из поставленных условий.

В третьей главе, включающей четыре параграфа, выполняется статистическое исследование информации о подлинном составе. Первый параграф /3.1/ содержит результаты первичной обработки опытного материала о поступлениях поездов на станцию за 1966-1967 гг. Здесь же выясняется вопрос о взаимной независимости случайных величин и несовместимости появлений событий - числа вагонов  $X$  в  $q$ -й группе поезда.

Во втором параграфе этой главы определены функциональные формы законов распределений, найдены параметры этих законов и выполнено численное сравнение эмпирических и теоретических распределений. В процессе исследований на основании статистической

информации выдвигались те или иные гипотезы в отношении функциональных форм законов распределений, которые в дальнейшем проверялись с помощью известных в статистике методов /критерий согласия  $\chi^2$  и критерий А.Н.Колмогорова/.

Можно утверждать, что поступление порожних цистерн, годных под налив топочного мазута и керосина, имеет незначительный характер распределения. Вагоны, составляющие группу равных цистерн /"белых", кислотных, пропанбутановых, не очищенных, с остатками грузов и прочих/, прибывают на станцию по показательному закону распределения.

Поступление цистерн, годных под налив бензина и дизельного топлива, подчиняется усеченному нормальному закону распределения с точкой усечения в нуле.

В параграфе 3.3 описана структура построения комплексной подпрограммы получения псевдослучайных чисел с экспоненциальным и нормальным законами распределений, дана подробная блок-схема и инструкция пользования подпрограммой.

"Прогриывая" поступление поездов на станцию, мы получаем выборки групп вагонов в виде последовательностей псевдослучайных чисел  $\{x_z^{(q)}\}$ ,  $z = 1, 2, \dots, Z$ . Из каждого ряда нас интересует наиболее вероятное значение случайной величины  $x_q$  - математическое ожидание:

$$M_q(x_q) = \frac{1}{Z} \sum_{z=1}^Z x_z^{(q)} \quad /9/$$

Для алгоритма задачи разложение состава ожидаемого поезда.

$$M_1(x_1), M_2(x_2), \dots, M_6(x_6),$$

записанные в массив прогнозов вагонопотоков, является исходной информацией.

Имитация с помощью подпрограммы псевдослучайных чисел поступления наиболее вероятных значений чисел  $x_1, x_2, x_Q$  цистерн в  $Q$  группах порожних поездов существенно дополняет эксплуатационную обстановку на станции и позволяет использовать эту информацию для моделирования технологического процесса на весь период  $T$ . Результаты работы подпрограммы являются общими для всех вариантов организации маневровых передвижений.

Параграф 3.4 этой главы посвящен оценке вычисленных совокупностей групп вагонов. С помощью комплексной подпрограммы моделировались поступления порожних цистерн для равного количества поездов: от 50 до 300. Данные экспериментов усреднялись по поездам и по выборкам, средний объем выборки составил 224 поезда.

В качестве меры расхождений между вычисленными средними  $/x_z^{выч}/$  и фактическими  $/x_z^{факт}/$  распределениями вагонов для всех групп цистерн были определены "ошибки":

$$\Delta x_z = \left| x_z^{выч} - x_z^{факт} \right| \quad /10/$$

Это позволяло исследовать зависимости: число поездов /опытов, - отклонения числа вагонов, вычисленного на ЭЦМ, от фактического количества цистерн:

$$\partial_q = \gamma_q (\Delta x_q) \quad /11/$$

Форма и характер зависимостей в выражении /11/, представленных графически для всех видов цистерн, дают возможность судить о достоверности появления событий - расхождений количества цистерн не превышающих числа вагонов в одной группе.

У подавляющего числа поездов расхождения составили 2-7 вагонов /4% - 12% от величины состава  $x_{max}, x_{max} = 60$  цистерн/.

Расхождения свыше 22-23 вагонов /37,5%/ наблюдались в единичных случаях.

Можно утверждать, что качество вырабатываемых случайных величин удовлетворительное.

Четвертая /последняя/ глава посвящена описанию алгоритма оптимизации и включает пять параграфов. В первом параграфе содержится описание машинной модели станции. Модель технологической ситуации на станции и фронтах налива задается информацией в массивах: состояний путей, нарядов - заявок на вывоз грузов, наличия товарных продуктов и прогнозов поступлений вагонопотоков с линии и промывочно-пропарочной станции /массив состояний МС-1/. Для воспроизведения на ЭЦМ вариантов работы станции используются одинаковые по структуре два массива ячеек памяти МС-1 и МС-2 /см.рисунки 1 и 2/. Записанная в них переменная информация характеризует состояния напольных устройств, состава и подвижного состава. В начале планируемого периода  $T$  коды массива МС-1 определяют исходную обстановку /  $\beta_1$  / на путях и грузовых фронтах. Поскольку равные варианты работ строятся от общей начальной обстановки, то информацию массива МС-1 необходимо сохранять неизменной до конца вычислительного процесса. В модели МС-2 алгоритм в соответствии с правилами и нормами маневровых передвижений выполняет все преобразования и перемещения информации при развитии каждого варианта.

Моделируя передвижения получаем в массиве МС-2 новые эксплуатационные обстановки - система переходит к новым состояниям:  $\beta_2, \beta_3, \dots, \beta_N$ . На каждом очередном шаге решения задачи информация массива определяет исходную ситуацию перед следующим этапом развития вариантов.

Структура алгоритма оптимизации /4.2/ включает следующие блоки: блок управления режимами работы алгоритма и конструирования

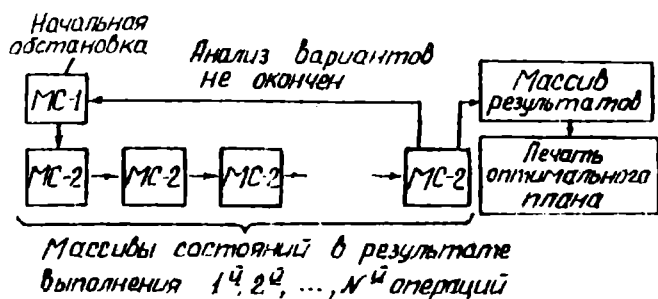


Рис. 1. Схема последовательной работы машинной модели станции.

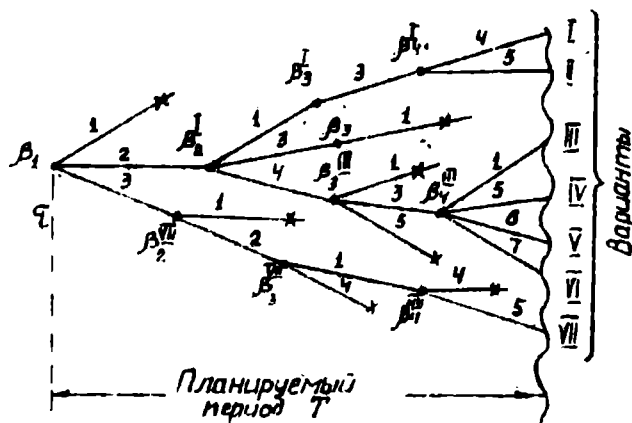


Рис. 2. Схема образования стационарных обстановок (дерево вариантов)

ная вариантов, блок исследования обстановок со статистическим прогнозом вагонопотоков и составления групп операций, блок моделирования передвижений, блок сравнения показателей вариантов, блок ввода и блок выдачи информации.

Моделирование передвижений осуществляется в следующих блоках команд: подачи и уборки цистерн с эстакад, расформирования и формирования составов поездов, ввоза и вывоза поездов на соседние станции. Логические схемы блоков построены исходя из двух основных целевых положений:

а/ необходимости проверки технологических условий возможности проведения операции, и

б/ обработки информации в связи с ее выполнением.

Параграф 4.3 знакомит с порядком работы алгоритма.

Алгоритм работает в следующих режимах:

1/ ввода и подготовки исходных данных;

2/ построения полного варианта;

3/ преобразования вариантов и восстановления обстановок;

4/ выдачи результатов.

Для всех  $x_m > 0$  и  $t_m \leq t_{тек} / t_{тек} < 24$  часов текущее время суток/ при условии наличия достаточных количеств нефтепродукта и цистерн, а также нарядов-заявок от Главнафтыбыта на вывоз каждого  $q$ -го продукта, формируются коды номеров путей в виде  $H$  /по числу локомотивов/ матриц  $A_1, A_2, \dots, A_H$

$$A_h = \begin{vmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{1h} \\ m_{21} & 0 & m_{23} & 0 \\ m_{31} & 0 & 0 & 0 \\ \\ m_{R1} & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}, h=1, 2, \dots, H$$

Каждый столбец матриц заполняется при одном цикле работы программы, образуя группы операций  $R_h$ , готовых к выполнению на дискретные моменты времени освобождений локомотивов.

Для диспетчера машина печатает следующую информацию:

- 1/ последовательности номеров путей, составивших лучший вариант;
- 2/ матрицу задержек локомотивов;
- 3/ вагоно-минуты простоя оптимального варианта;
- 4/ количество налитых и слитых цистерн, и
- 5/ наиболее вероятные разложения составов ожидаемых поездов.

В параграфе 4.4 содержится краткое описание организации вычислительного процесса и приведен пример построения графика оперативной работы станций Стенькино-II при машинном и диспетчерском способах планирования.

Результаты опытно-промышленных расчетов указаны в последнем /4.5/ параграфе этой главы.

В течение трех лет /1966 - 1968/ соискатель провел испытания различных вычислительных схем алгоритмов и программ при решении задач планирования работы одного, двух и нескольких /Н/ маневровых и вывозных локомотивов узла Стенькино-II. Для моделирования операций использовалась действующая на Рязанском нефтеперерабатывающем заводе ЭЦМ "Днепр". Расчеты выполнялись в дневные смены при скученном подходе порожних составов цистерн и массовом наливке нефтепродуктов.

В результате проведенных опытов выяснилось следующее. Величина непроизводительного простоя цистерн в ожидании локомотивов составляет 15-20% от общего суточного времени простоев вагонов на станции, что указывает на имеющиеся значительные резервы повышения рентабельности эксплуатационной деятельности. В 162 случаях из 200 при расчетах оперативных планов на ЭЦМ простой цистерн у машины были меньше, 26 раз показатели были одинаковыми и лишь в

12 случаях диспетчер планировал незначительно лучше.

На одно испытание диспетчер затрачивал в среднем 62 400 вагоно-минут /1040 вагоно-часов/, машинист - 48 000 вагоно-минут, или 800 вагоно-часов непроизводительного простоя цистерн.

В 50 случаях расчетов варианты оценивались по минимуму простоев локомотивов в ожидании готовых операций, которые оказались: у машиниста - в среднем 144 локомотиво-минуты на период  $T$ , у диспетчера - 230 локомотиво-минут.

При одном испытании экономится  $1040 - 800 = 240$  вагоно-часов, в сутки -  $240 \cdot 4 = 960$  вагонов-часов, или 1920 учетных вагоно-часов /при принятой глубине прогнозирования  $T = 6$  часам программы решения задачи используется четыре раза/.

Такая экономия при суточном "фонде" простоев вагонов на станции Стенькино-11 в 21.600 вагоно-часов снижает эту величину на 9%, а норму простоя одного вагона /при переработке одного и того же вагонопотока/ - на 1,6 часа.

Общий экономический эффект станции с учетом сокращения запасов нефтяного сырья и товарных продуктов на складе НПС составляет в год 123 000 рублей.

Как результаты исследований можно отметить следующее.

1. Изучены и формализованы станционные процессы маневровой и вывозной работы на наливных железнодорожных станциях, сформулированы общие принципы алгоритмизации для таких станций.

2. Задача оптимизации оперативного прогнозирования сведена к комбинаторной задаче с поиском экстремальных значений нескольких целевых функций, выбираемых в зависимости от конкретных условий практики и наличии определенных ограничений. В процессе счета рассматривается одновременно работа нескольких маневровых и вывозных локомотивов.



3. В вычислительной схеме решения задачи применен способ последовательного развития и оценки вариантов организации работы станции. Метод оптимизации сокращает количество исследуемых операций и вариантов и уменьшает время поиска лучшего варианта.

4. Разработана и описана математическая модель и алгоритм задачи оптимизации на примере конкретной станции Стенькино-II Рязанского отделения Московской железной дороги. Определены основные требования к построению логической структуры типового алгоритма: сформированы команды-проверки, организованы циклы и блоки обработки информации.

5. Предложена и испытана на машине модель задачи, включающая только два массива переменной информации о состояниях технологических объектов.

6. Проведены /с помощью вычислительной машины/ статистические испытания поступлений порожних цистерн на станцию. Показано, что вероятностный метод прогнозирования разложений прибывающих поездов предоставляет диспетчеру достаточно точные данные о количестве вагонов, тем самым устраняя неопределенность относительно накоплений цистерн на станции и увеличивая, при необходимости, продолжительность /  $T$  / периода оперативного планирования в 2-3 раза по сравнению с обычным способом.

7. Составлены программы и подпрограммы /3000 восьмичисловых двухадресных команд/ в кодах ЭЦВМ "Днепр" для оперативного прогнозирования маневровой и вывозной работы станции.

8. Проведены в 1966-1968 гг. опытные машинные расчеты оперативных планов на станции Стенькино-II, подтверждавшие правильность теоретических предположений возможности оптимизации планирования на наливных станциях.

Показана экономическая целесообразность применения ЭЦВМ в прогнозировании оперативной работы наливной станции.

9. Наливной диспетчер и дежурный по отделению дороги на основании рассчитанных на 6-8 часов вперед сроков окончания станционных операций могут более точно выполнять "привязку" поездных локомотивов к готовым поездам. При расчете на ЭЦМ рекомендаций относительно порядка загрузки локомотивов диспетчерскому аппарату легче прогнозировать по времени ближайшие обстановки, оценивать их и заранее принимать меры по устранению причин, нарушающих нормальный режим технологического процесса на станциях и прилегающих участках. У железнодорожников появляются широкие возможности заблаговременно оповещать обслуживающий персонал товарно-сырьевых цехов предприятия и организаций сбыта.

10. Алгоритмы и программы приемлемы для моделирования технологических процессов и оценки параметров типовых станций и грузовых фронтов на этапе их проектирования.

С организацией сети дорожных вычислительных центров, с внедрением ЭЦМ на крупных железнодорожных узлах, станциях и на заводах нефтехимической промышленности поддается реальной возможности на ближайшую перспективу широко использовать изложенную методику как на железных, так и на любых грузовых станциях массовой погрузки и выгрузки: угольных, рудных и прочих грузов.

Отдельные разделы работы и результаты разработок докладывались на следующих семинарах и конференциях:

- Киевский республиканский семинар Научного совета по кибернетике АН УССР и КДНТП "Алгоритмизация производственных процессов" /сентябрь 1965 г., апрель 1966 г., гор. Киев/;

- Первая конференция молодых исследователей сектора технической кибернетики /февраль 1966 г., Институт кибернетики АН УССР, г. Киев/;

- конференция по внедрению вычислительной техники для управления технологическими объектами в нефтехимической промышленности,

/Рязанское НПО, Рязанский филиал СКБ АНН, декабрь 1967 г.,  
г. Рязань/;

- Вторая Всесоюзная конференция по оперативному управлению  
производственными процессами /ЛДНТП, февраль 1968 г., Ленинград/;

- Шестая Общесетевая научно-техническая конференция "Применение математических методов и ЭЦМ в эксплуатации железных дорог",  
/МПС, МИИТ, март 1969 г., гор. Москва/.

Результаты разработок были доложены на техническом совете  
Рязанского отделения. Программа принята для внедрения в практику  
планирования работы железнодорожного узла Стенькино-II и включена  
в список задач, решаемых Вычислительным центром Московской желез-  
ной дороги в системе оперативного управления.

Работа В.А.Кирыякова "Программа определения оптимального  
плана загрузки локомотива на наливной станции" сдана в Респуб-  
ликанский Фонд алгоритмов и программы решения научных и инженерно-  
технических задач Академии наук СССР.

Основные вопросы диссертации опубликованы в следующих работах  
соискателя.

1. В.А.Кирыяков, Алгоритмизация производственных процессов,  
Труды семинара, КДНТП, К., 1965.

2. В.А.Кирыяков, Алгоритмизация контроля и учета в снабжении  
и сбыте химических предприятий, сб. "Сложные системы управления",  
вып.1, 1966, изд-во "Наукова думка", К.

3. В.А.Кирыяков, Методика оптимального оперативного планиро-  
вания работы наливной станции с помощью ЭЦМ, семинар "Алгоритми-  
зация производственных процессов", вып.1, КДНТП, К., 1967.

4. В.А.Кирыяков, Алгоритмизация процессов планирования на  
наливных станциях, Труды I-й конференции молодых исследователей  
сектора технической кибернетики, Ин-т кибернетики АН СССР, К.,  
1967.

5. В.А.Кирияков, Алгоритмы оптимизации оперативного планирования эксплуатационных процессов на наливной железнодорожной станции, тезисы доклада на Второй Всесоюзной конференции по оперативному управлению производственными процессами, ДДНП, Ленинград, февраль, 1968.

6. В.А.Кирияков, Оптимизация оперативного планирования эксплуатационных процессов на наливной железнодорожной станции, "Механизация и автоматизация управления", № 3, ГОСИНТИ, К., 1968, 11-14.

7. В.А.Кирияков, Задача оптимального планирования маневровых операций на наливной железнодорожной станции, тезисы доклада на VI Общесетевой научно-технической конференции "Применение математических методов и ЭВМ в эксплуатации железных дорог", МПС, МИИТ, М., март 1969.

8. В.А.Кирияков, Моделирование оперативной работы наливной железнодорожной станции, журнал "Железнодорожный транспорт", М., 1969 /в печати/.

9. В.А.Кирияков, Математическая модель задачи оптимального планирования маневровой работы на наливной железнодорожной станции, журнал "Вестник ЦНИИ МПС", М., 1969 /в печати/.

10. В.А.Кирияков, Использование ЭЦВМ на наливной железнодорожной станции, журнал "Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов", ЦНИИД нефтехим, М., 1969 /в печати/.

11. В.А.Кирияков, Прогнозирование операций на станции налива, семинар "Теория оптимальных решений", вып.4, ДДНП, К., 1970 /в печати/.

12. В.А.Кирияков, Вопросы автоматизации эксплуатационных процессов в наливном районе, семинар "Алгоритмизация производственных процессов", вып.4, ДДНП, К., 1970 /в печати/.

ВФ 32654. Подписано к печати 22.V 1970 г. Зая. 446.  
Изд. № 2-191. Тираж 200 экз.

---

Лаборатория офсетной печати ИИ АН УССР  
Киив-23, проспект Науки, 100.

НТБ  
ДНУЖТ