

**МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА им. М. И. КАЛИНИНА**

На правах рукописи

ДУДАРЕВ Анатолий Ефимович

629.483

**РАЗРАБОТКА ПОТОЧНОГО МЕТОДА РЕМОНТА
ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ И УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ**

05.22.07 — Подвижной состав и тяга поездов

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

**Днепропетровск
1977**

НТБ
ДНУЖТ

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

Научный руководитель:
кандидат технических наук, доцент О. М. Савчук.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор И. Ф. Скиба,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник А. Б. Подшивалов.

Ведущее предприятие — Приднепровская ордена Ленина железная дорога.

Защита состоится « 8 » *декабря* 1977 г. в « » час. на заседании специализированного совета К 114.07.01 в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта имени М. И. Калинина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ДИИТа.

НТБ
ДНУЖТ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Пятилетним планом развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 годы предусматривается повысить скорость пассажирских поездов и предопределен рост пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте на 14-15%. Вагонный парк за пятилетие возрастет на 16,6 тыс. пассажирских вагонов. Одновременно поставлена задача - значительно улучшить использование транспортных средств.

В условиях непрерывно возрастающей интенсивности эксплуатации пассажирских вагонов, роста рабочего парка, потребность в периодических видах ремонта систематически возрастает. Освоение увеличивающегося объема ремонта должно происходить прежде всего за счет более интенсивного использования имеющихся мощностей депо. В связи с этим возрастает актуальность научных исследований в области совершенствования организации и управления ремонтом пассажирских вагонов в депо.

Цель работы. На основе анализа работы вагоноремонтных предприятий исследовать основные задачи организации поточного метода производства и автоматизированного управления технологическими процессами ремонта пассажирских вагонов, разработать эффективные способы решения таких задач и их применения в условиях вагонных депо.

Общая методика исследования. Применен метод сетевого моделирования технологического процесса ремонта пассажирских вагонов.

При разработке методик решения задач оптимального планирования и управления ремонтом пассажирских вагонов в депо использованы методы поиска экстремальных потоков в ориентированных сетях.

Расчеты и анализ сетевых графиков выполнялись с помощью ЭВМ "Ритм" и "Наири".

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА

Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
Імені академіка В. Лазаряна

67949

Обоснование закона и оценка параметров распределения объемов ремонтных работ производились с помощью методов статистического анализа.

Научная новизна. Построена сетевая модель ремонта N вагонов, подаваемых на поточную линию последовательно друг за другом, с учетом переходов исполнителей ремонтных работ с объекта на объект.

Предложена методика построения двойственных ориентированных сетей с помощью описания их матрицами инцидентий. Дано определение допустимому состоянию комплекса работ, входящих в сетевую модель ремонта пассажирского вагона, и предложен новый конструктивный способ построения графа допустимых состояний (ГДС) для комплекса работ одного вида.

Разработаны эффективные методики и алгоритмы решения задач планирования ремонта пассажирских вагонов в депо: составление очереди подачи вагонов на поточную линию и расчет сменного задания для бригад сборочного цеха.

Систематизированы результаты статистического исследования оценок трудоемкости ремонтных работ, выполняемых на пассажирском вагоне.

Практическая ценность. Разработанные методики и алгоритмы позволяют эффективно определять рациональные параметры поточных линий ремонта пассажирских вагонов как в существующих либо реконструируемых депо, так и на этапе проектирования новых депо. Правильно выбранные параметры поточных линий способствуют достижению максимальной производительности этих линий при минимальных затратах. Кроме того, предложенные методики и алгоритмы дают возможность решать задачи планирования и оперативного регулирования на уровне автоматизированной системы управления ремонтом

пассажирских вагонов в депо.

Внедрение результатов работы. Рекомендации по использованию семантической сетевой модели ремонта пассажирских вагонов на поточной линии, как основы автоматизированной системы оперативного управления, внедрены в депо ст.Симферополь Приднепровской железной дороги.

Результаты, относящиеся к методикам составления очереди подачи пассажирских вагонов в ремонт и сменного задания бригадам сборочного цеха, включены в материалы технических заданий на отдельные задачи АСУ ремонтом пассажирских вагонов в депо.

Рекомендации по автоматизированному оперативному управлению использованы при составлении "Инструктивно-методических материалов по внедрению поточного метода деповского ремонта вагонов в депо", которые утверждены Главным управлением вагонного хозяйства МПС.

Результаты, относящиеся к методике построения календарного графика ремонта вагонов на поточной линии, использованы при разработке новой организации ремонта пассажирских вагонов в депо ст.Днепропетровск и при проектировании поточной линии ремонта вагонов-ресторанов на Днепропетровском вагоноремонтном заводе имени С.М.Кирова.

Апробация. Основные результаты доложены на: Республиканской научно-технической конференции по опыту внедрения и перспективам АСУ на транспорте (г.Киев, 1974 г.), научно-практической конференции Приднепровской железной дороги по совершенствованию нормирования и оплаты труда (Днепропетровск, 1973 г.), на XXI научно-технической конференции УРЭМИИТа и Свердловской железной дороги (г.Свердловск, 1975 г.), на научно-технической конференции ДИИТа по проблемам железнодорожного транспорта (г.Днепропетровск, 1975 г.), на расширенном заседании секции вагонно-

го хозяйства ЦНТО МПС по вопросу "Внедрение АСУЖТ-В при поточном методе ремонта пассажирских вагонов" (г.Днепропетровск г.Симферополь, октябрь 1975 г.), на совещании с участием специалистов ЦВ, ЦНИИ и Приднепровской железной дороги по рассмотрению хода разработки и внедрения АСУ в базовом депо Днепропетровск (г.Днепропетровск, апрель 1975 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано шесть печатных работ, из них две в журнале "Железнодорожный транспорт" и четыре в трудах ДИИТа.

Структура работы. Последовательно излагаются методики и результаты проведенных статистических исследований объемов ремонтных работ, списывается построение сетевых моделей, разработанные методики и алгоритмы решения поставленных задач, анализируется реализация разработок в условиях депо, приводятся основные результаты, выводы и заключение.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, основных результатов, выводов и заключения, списка литературы и приложений. Текстовая часть работы изложена на 136 страницах машинописного текста. Работа содержит 55 рисунков, 10 таблиц, список литературы из 122 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение посвящено обоснованию актуальности выбранной темы исследования.

В первой главе диссертации изложен обзор теории и практики разработки модели ремонта вагонов на потоке, приводятся анализ особенностей ремонта пассажирских вагонов, поставлена цель и определены задачи исследования.

Среди методов, разработанных за последние годы с целью составления модели производства или ремонта сложного объекта, сетевые методы планирования и управления (СПУ) стали ведущим направлением благодаря простоте, эффективности и большим возможностям, которые не перестают в них обнаруживаться.

Теоретические основы теории сетевого планирования и управления заложены в работах Д.И.Голенко, В.Н.Буркова, Г.С.Поспелова, Б.С.Розумихина, а также Б.Руа, Л.Р.Форда, Д.Р.Фолкерсона и других советских и зарубежных ученых.

Общее направление теории СПУ характеризуется тремя проблемами: анализ сетей, преобразование структуры сетей и распределение ресурсов различного типа на базе сетевых моделей. Применительно к вагоноремонтному производству наименее исследованы вторая и третья проблемы.

Исследования параметров поточных линий и сетевых графиков на примере заводского ремонта грузовых вагонов впервые были проведены А.В.Кирилком. В работах этого автора также заложены теоретические основы применения семантического принципа сетевых моделей для исследования вагоноремонтных потоков.

Поточный метод ремонта вагонов начал применяться в начале нашего столетия. Еще в 1911-1914 г.г. в этом направлении была проделана значительная работа русским инженером Н.Н.Хлебниковым. Однако серьёзные теоретические исследования в области применения поточного метода в вагоноремонтном производстве проводились только в последние 20 лет. Эти исследования, посвященные организации поточного метода грузовых вагонов, выполняются коллективами научных сотрудников ЦНИИ, МИИТа, БелиИЖТа и РИИТа.

К настоящему времени задачи распределения ресурсов составляют одно из главных направлений теории сетевого планирования и управления. На сетях комплексов работ предложены различные поста-

новки оптимизационных задач, которые можно разбить на два основных класса: минимизации продолжительности комплекса при заданных ограничениях на ресурсы и оптимального в определенном смысле использования ресурсов при заданной продолжительности.

Постановки и методы решения задач распределения ресурсов в специфических условиях вагоноремонтного производства исследованы очень мало.

Решение задач оптимального планирования естественно базируется на использовании современной вычислительной техники. Главным направлением работ по внедрению вычислительной техники для решения задач управления в промышленности и на транспорте является создание автоматизированных систем управления (АСУ). Основные принципы построения АСУ заложены в работах В.М.Глушкова.

В настоящее время получены значительные результаты создания АСУ, особенно в машиностроении. Методы управления машиностроительным производством нашли существенное развитие в работах С.А.Думлера, В.И.Дудорина, В.С.Румянцева.

Большой вклад в теорию и совершенствование организации и управления вагонного хозяйства внесли работы Н.Э.Криворучко, И.Ф.Скибы, В.И.Гридюшко. Вопросам автоматизации управления при ремонте грузовых вагонов в депо посвящены работы В.П.Бугаева.

На сети дорог накоплен определенный опыт ремонта грузовых вагонов поточно-конвейерным методом. Вопросы организации и управления ремонтом пассажирских вагонов исследованы пока недостаточно. Имеется лишь некоторый опыт применения сетевого планирования на Гомельском ВРЗ и вагонном депо ст.Симферополь.

При разработке поточного метода и управления технологическими процессами в депо прежде всего были исследованы и сформулированы пять специфических особенностей производственного процесса при ремонте пассажирских вагонов. Первая из них разно-

типность объектов ремонта, вторая – наличие существенных индивидуальных различий пассажирских вагонов, третья – нестабильность объемов работ и трудность предварительного определения трудоемкости ремонта, четвертая – единство требований, предъявляемых к отремонтированному вагону и пятая – ограниченность ресурсов.

Как показал анализ данных технико-экономического обследования ряда депо, производственный процесс ремонта пассажирских вагонов подвергается всевозможным нарушениям, учесть которые при составлении исходного плана ремонта практически невозможно. Кроме того, при современных технологических процессах ремонта вагонов руководитель не всегда в состоянии в нужный момент использовать получаемую информацию об отклонениях хода производства и своевременно принять решение. В результате управляющее воздействие производится с опозданием, появляются непроизводительные простои оборудования и рабочей силы, качество ремонта ухудшается.

Поэтому назрела необходимость провести новые исследования современного производства при ремонте пассажирских вагонов, в которых комплексно решались бы вопросы разработки поточного метода, а также совершенствования планирования и управления в депо.

Решению некоторых из указанных вопросов посвящены приведенные в диссертации исследования и разработки.

Во второй главе диссертации исследован комплекс взаимосвязанных задач по разработке поточного метода ремонта пассажирских вагонов.

В первую очередь был проанализирован характер распределения статистических оценок трудоемкости ремонтных работ. Статистическая оценка трудоемкости отдельной операции определялась выраже-

нием: $W_i = \chi_i \cdot t_i^o$

где W_i – трудоемкость i -той операции;

χ_i – повторяемость i -той операции ($\chi \geq 0$);

t_i^o – норма в чел.час. на единицу повторяемости.

Поскольку повторяемость χ_i носит случайный характер, обусловленный различной степенью надежности узлов и систем вагона в эксплуатации, то и трудоемкость отдельной операции W_i также случайна.

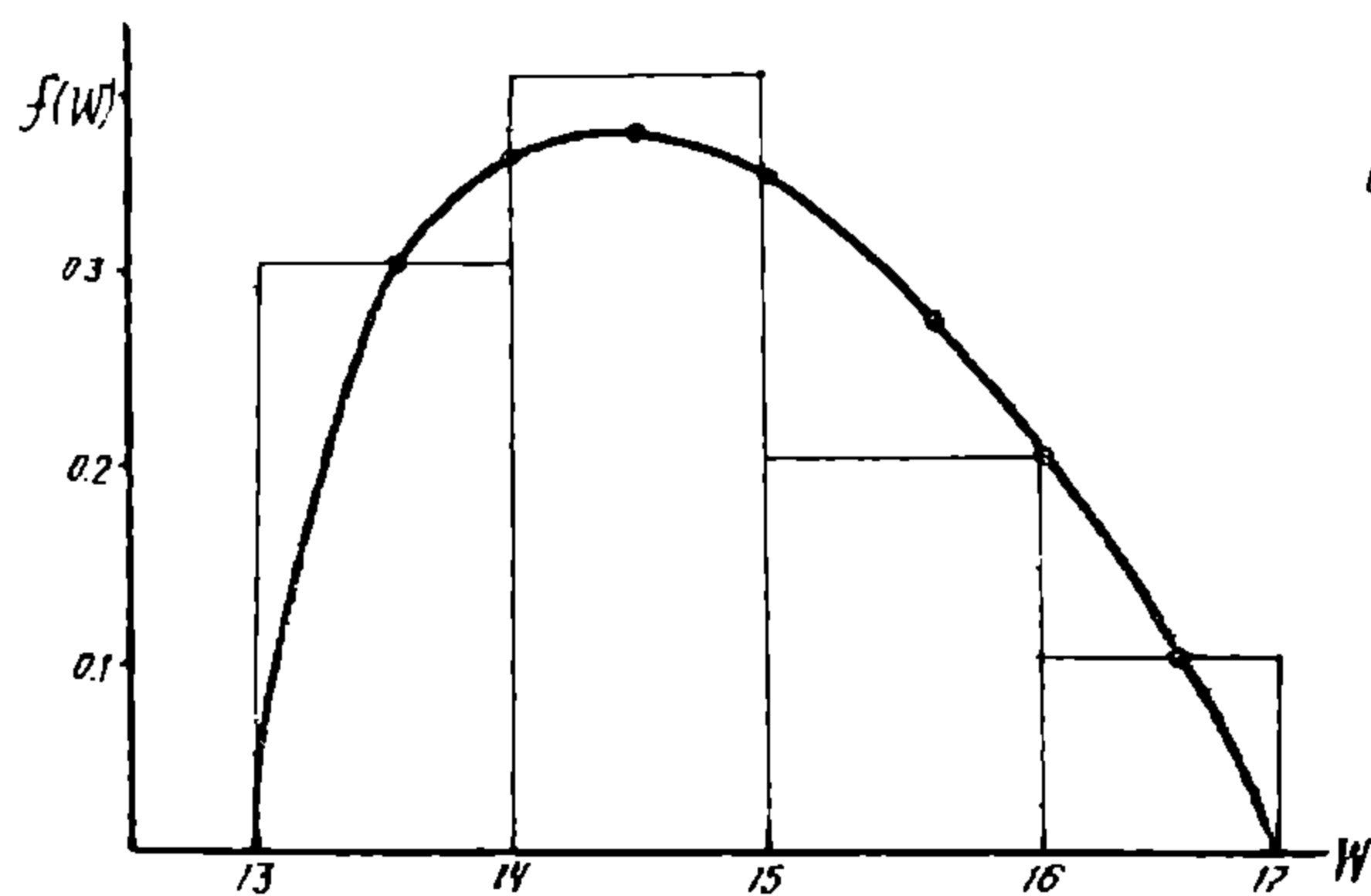
Установлено, что оценка трудоемкости работы, состоящей из конечного числа отдельных операций, является случайной величиной, распределенной на отрезке положительной части числовой оси. Чтобы выявить закон распределения оценок трудоемкости основных видов ремонтных работ, было проведено обследование 300 цельнометаллических пассажирских вагонов, приписанных на Приднепровской железной дороге. В обследуемую группу вошли вагоны следующих типов: открытого типа (ЦМО), мягкие (ЦММ), купированные (ЦМК), междопадные (ЦММО), почтовые (ЦП) и багажные (ЦМБ).

В результате установлено, что распределение оценок трудоемкости основных видов работ (столярных, слесарных, малярных), выполняемых при ремонте пассажирского вагона любого типа, может описываться единым законом бета-распределения (рис. I). Дифференциальный закон распределения оценок трудоемкости ремонтных работ в интервале от W_{min} до W_{max} имеет вид:

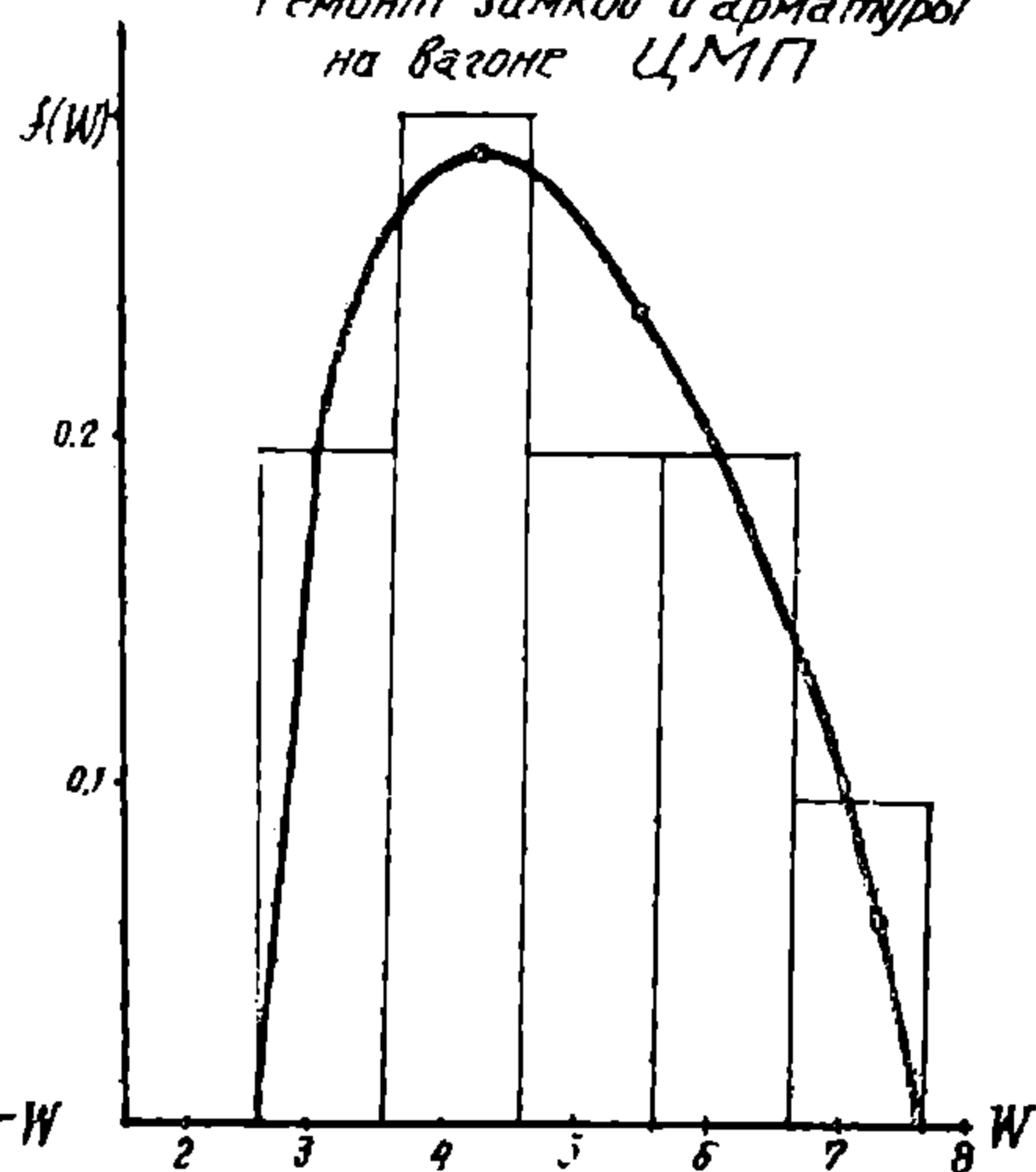
$$f(W) = \frac{15}{4(W_{max} - W_{min})^{5/2}} (W - W_{min})^{1/2} (W_{max} - W)$$

Кроме того, исследованиями была установлена корреляционная связь между оценками трудоемкости ремонтных работ и типом ЦМВ. В примере, для математических ожиданий оценок столярных работ корреляционная связь выражается зависимостью:

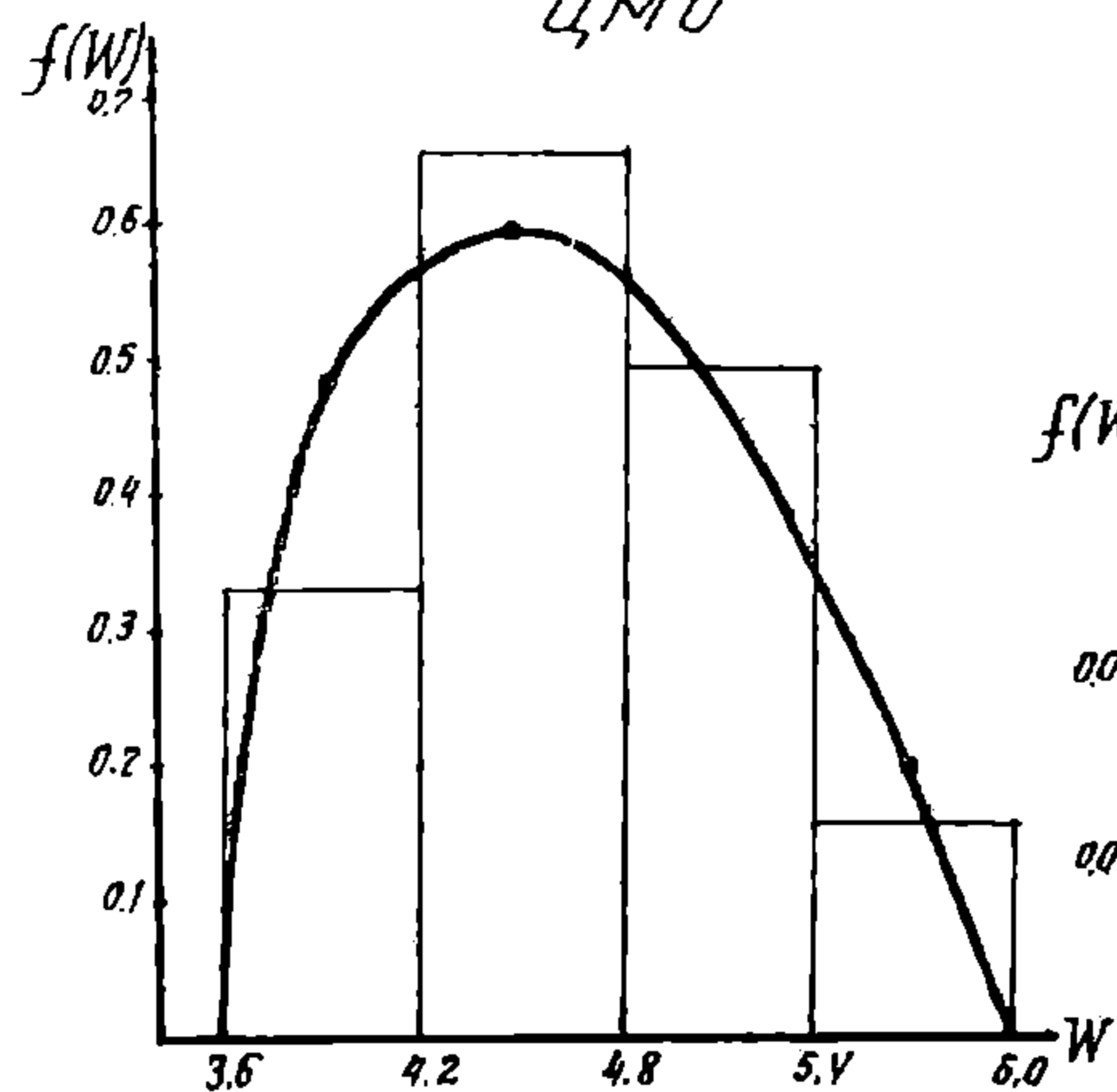
Ремонт отопления на вагоне
ЦМК



Ремонт замков и арматуры
на вагоне ЦМП



Окраска кузова вагона
ЦМО



Столярные работы на
вагоне ЦМО

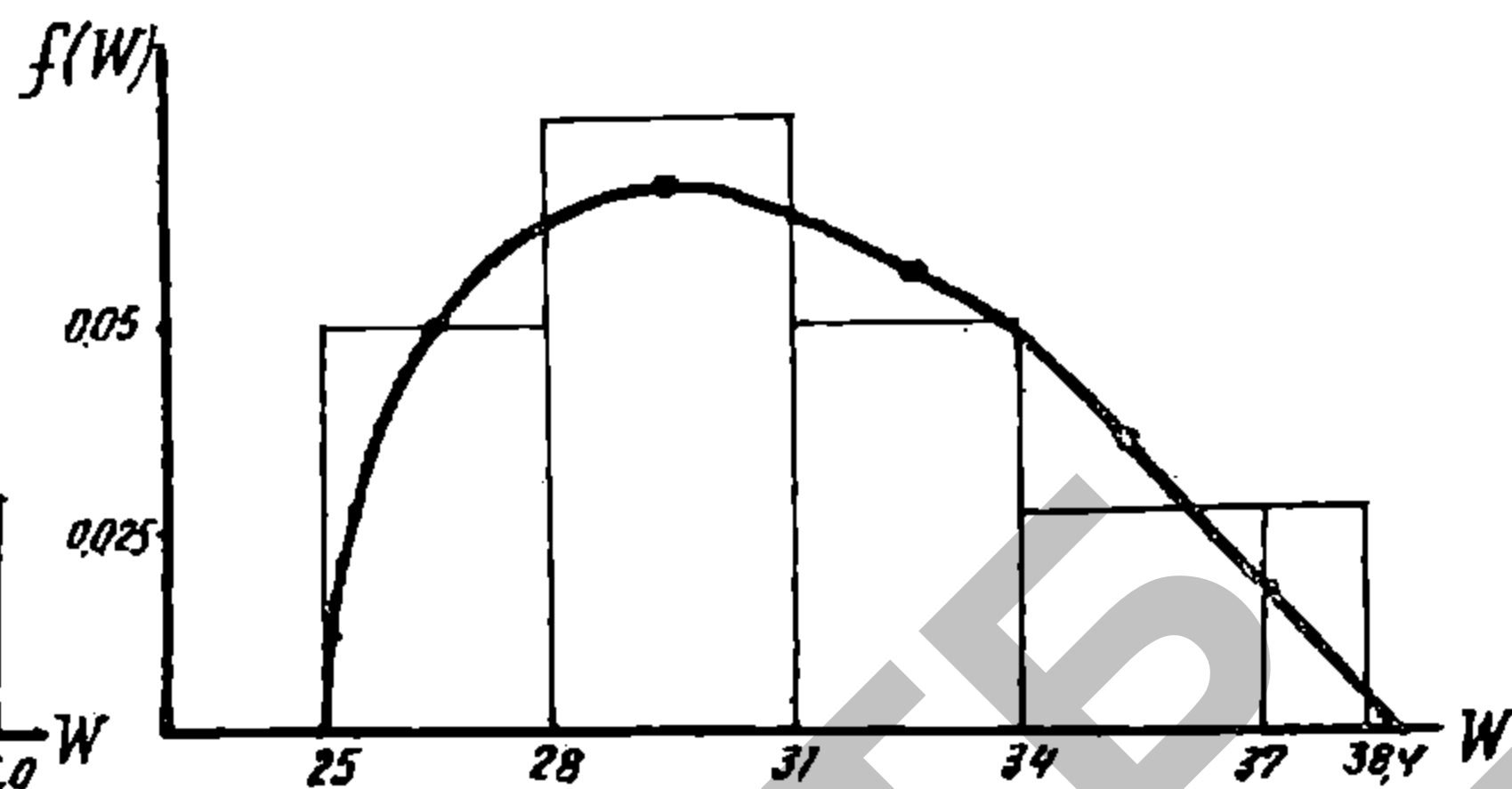


Рис. 1 Гистограммы и теоретические кривые бета-распределения оценок трудоёмкости ремонтных работ, выполняемых на различных типах пассажирских вагонов

$$W(x) = 29,7 + 1,1x - 0,3x^2 \quad (x = 1, 2, 3, 4, 5, 6)$$

В приведенном выражении аргумент x – целые числа, условно соответствующие типам пассажирских вагонов: ЦМО, ЦМК, ЦММ, ЦММО, ЦМБ, ЦМП. Из анализа трудозатрат следует, что при деповском ремонте пассажирских вагонов наиболее трудоемкими являются комплексы столярных и внутренних малярных работ. Эти же работы имеют наименьшую степень устойчивости, оцениваемую величиной среднеквадратического отклонения.

Анализ существующих форм организации технологического процесса в депо и на заводах показал, что имеются значительные резервы сокращения длительности производственного цикла ремонта пассажирских вагонов. Такие резервы содержатся во всех элементах структуры производственного цикла, но при существующем уровне механизации и автоматизации ремонта вагонов они наиболее значительны в подготовительно-заключительных работах, контрольных и транспортных операциях, а также междооперационных перерывах. Существенного сокращения длительности перечисленных работ можно добиться при поточном методе ремонта путем большей концентрации операций на одной позиции и в результате перехода от последовательного к последовательно-параллельному способу выполнения работ.

Вопрос сокращения времени междооперационных перерывов на поточной линии был исследован с помощью сетевого моделирования технологического процесса ремонта пассажирского вагона. Известно, что производственный процесс в сборочных цехах вагоноремонтных предприятий носит циклический характер, т.е. на каждом объекте ремонта повторяется выполнение одних и тех же операций. В таких условиях отсутствие фронта работ или возникающие задержки в выполнении взаимосвязанных работ приводят к непроизводи-

тельным простоям рабочей силы и оборудования и, как следствие, к нарушениям ритмичности выпуска вагонов из ремонта.

Применяемые методы разработки технологических процессов ремонта вагонов не учитывают такую специфику. Следствием этого является чрезмерное увеличение фронта ремонтируемых вагонов в депо, рост продолжительности производственного цикла ремонта отдельно взятого вагона.

Для исследования предложена схема многократного повторения сетевого графика ремонта одного пассажирского вагона.

Сетевой график технологического процесса последовательно ремонтируемых N вагонов состоит из N блоков, каждый из которых имеет K входов и столько же выходов. Входом первого блока является исходное событие, а выходом последнего блока – завершающее событие сетевого графика. Для связи промежуточных блоков служат дополнительные фиктивные дуги, соединяющие некоторые (конечные) события предыдущего блока с какими-то (начальными) событиями последующего блока. При этом начальными считаются любые события, зависящие только от прихода исполнителя с предыдущего объекта, конечными – любые события, разрешающие уход исполнителей, которые нужны на следующем объекте.

Исследование такой сетевой модели показало, что время критического пути общего графика для N вагонов, вообще говоря, меньше, чем критическое время ремонта одного вагона, умноженное на N . Получена формула для расчета длительности критического пути сетевой модели ремонта N вагонов:

$$T_{кр}(N) = T_{кр}(1) + (N-1) \max_{(i,j) \in K_{кр}(1)} t_{i-j},$$

где $T_{кр}(N)$ – время критического пути для N последовательно ремонтируемых вагонов;

$T_{кр}(1)$ – время критического пути ремонта одного вагона;

$\max_{(i,j) \in T_{кр}(1)} t_{i,j}$ - максимальная по длительности работа, принадлежащая критическому пути $T_{кр}(1)$

Время простоя в ремонте N -го вагона можно определять по формуле:

$$T(N) = T_{кр}(1) + (N-1)(R - t_H),$$

где $T(N)$ - время простоя N -го последовательно ремонтируемого вагона;

$$R = \max_{(i,j) \in T_{кр}(1)} t_{i,j}$$

t_H - минимальная по длительности из всех начальных операций $\{0-L\}$ сетевого графика ремонта одного вагона.

Величина $(R - t_H)$ для данного сетевого графика постоянная.

Отсюда следует, что с ростом N время простоя вагона в ремонте увеличивается по линейному закону.

При оптимизации технологического процесса в первую очередь необходимо добиться равенства: $R = t_H$. Тогда простой в ремонте для всех вагонов будет одинаков и равен $T_{кр}(1)$.

Исследования показали, что разность $(R - t_{i,j})$ для любой работы сетевой модели определяет межоперационные перерывы. Для минимизации их необходимо построить технологический процесс таким образом, чтобы длительности всех операций были равны или близки величине R , определяющей ритм производства.

Длительность технологической операции зависит от числа исполнителей Π при фиксированной оценке трудоемкости. Число исполнителей, в свою очередь, при выполнении ремонтных работ внутри вагона ограничивается некоторой величиной Π_{max} , зависящей от площади зоны, где имеется возможность производить данную работу.

Теоретическое исследование функциональной зависимости времени выполнения ремонтной работы t от числа исполнителей

при фиксированной оценке трудоемкости и постоянном фронте работ позволено получить уравнения:

$$\begin{cases} t = \kappa \frac{W}{n} & \text{при } 0 < n \leq n_{кр} \\ t = \kappa \frac{W(n_{max} - n)^2}{2n_{кр}^2(n_{max} - n)} + \kappa \frac{W}{n_{кр}} - \kappa \frac{W}{2n_{кр}^2} (n_{max} - n_{кр}) & \text{при } n_{кр} \leq n < \infty \end{cases}$$

которые дают возможность определить минимальное время выполнения ремонтной работы при заданных W (оценка трудоемкости), n_{max} (максимально возможное число исполнителей в зоне выполнения работы) и $n_{кр}$ (количество исполнителей, при котором достигается максимальная скорость выполнения работы).

Как было показано выше, для синхронизации работ на поточной линии необходимо, чтобы длительность каждой операции, входящей в сетевую модель, была равна или кратна ритму выпуска вагонов из ремонта. Для расчета длительности отдельной работы получены ограничения:

$$\left. \begin{aligned} \frac{W_{i,j}}{R} &\leq n_{кр} \\ \frac{W_{i,j}}{R} &\geq 1 \end{aligned} \right\},$$

с помощью которых можно определить для каждой работы такие $n_{i,j}$ которые удовлетворяют условию синхронизации работ на поточной линии ремонта вагонов.

В том случае, если длительности большинства технологических операций превышают средний ритм R выпуска одного вагона из ремонта, может оказаться целесообразной организация нескольких поточных линий.

Для определения оптимального количества поточных линий при ремонте пассажирских вагонов разработана эффективная методика поиска и определения величин экстремальных разрезов на ориентированной плоской сети. Методика сводится к построению двойствен-

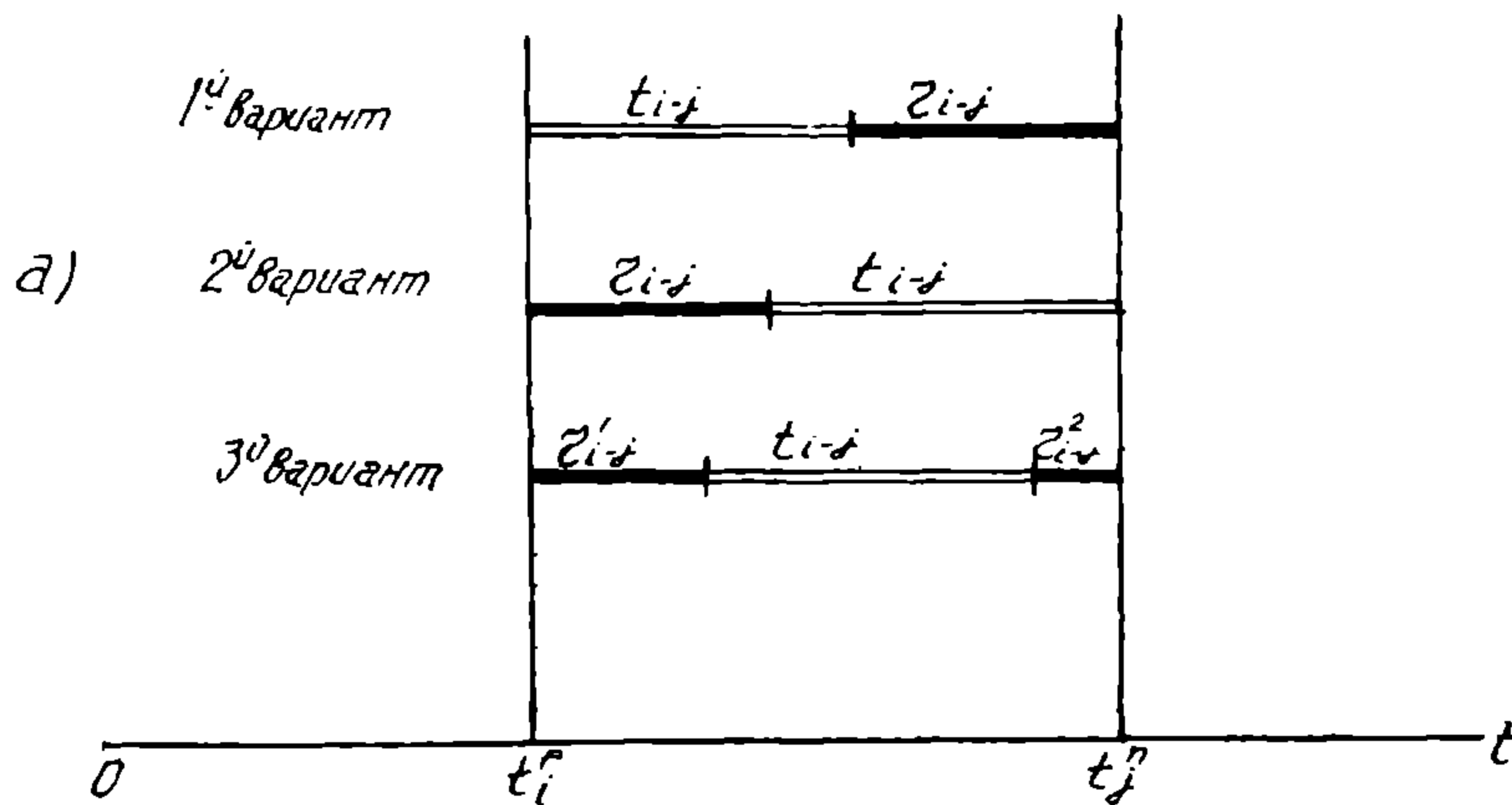
ной сети и определению в ней экстремальных путей. Эта методика дает возможность определить количество параллельных поточных линий, обеспечивающих достаточный фронт на всех вагонах при любом варианте независимого выполнения работ, допускаемом сетевым графиком.

Исходными данными для расчета принимаются величины $\Pi_{кр}$ при которых достигается максимальная производительность исполнителей. Для ремонта пассажирских вагонов в условиях депо, как показали расчеты, оптимальное количество параллельных поточных линий равно трем.

Дальнейшие исследования, приведенные во второй главе диссертации, посвящены анализу и оптимизации сетевого графика, конечной целью которых являлось получение календарного плана выполнения работ на поточной линии ремонта пассажирских вагонов.

Календарный план строился путем оптимального распределения исполнителей работ каждого комплекса (специальности) в отдельности с последующим согласованием во времени граничных событий всех комплексов операций, входящих в сетевую модель ремонта пассажирского вагона. Поиск оптимального распределения производился на графе допустимых состояний (ГДС), для построения которого разработана специальная методика.

Любая операция сетевого графика определяется на оси времени двумя точками: ранним началом t_i^p и поздним окончанием t_j^n . Разность $(t_j^n - t_i^p)$ соответствует отрезку времени, внутри которого операция $(i-j)$ должна быть выполнена, чтобы не изменить величину критического пути $T_{кр}$. Если операция не принадлежит критическому пути, т.е. $t_j^n - t_i^p - t_{i,j} = \tau_{i,j} > 0$, то появляются три структурных варианта заполнения диапазона времени от t_i^p до t_j^n (рис.2). В первом и во втором вариантах однозначно определяются моменты начала и окончания операции, в треть-



б)

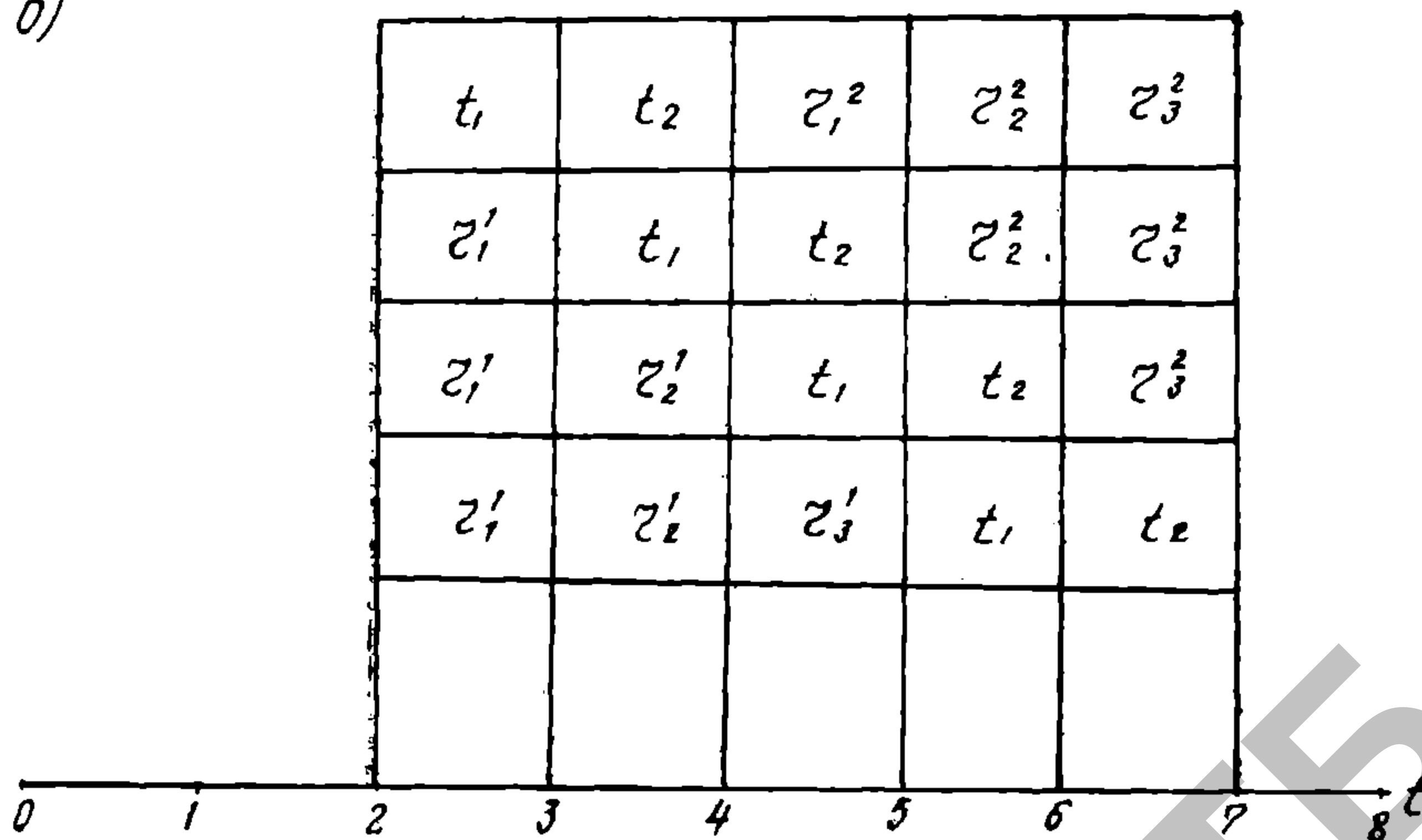


Рис. 2 Варианты выполнения операции на оси времени t :
 а) варианты заполнения диапазона $[t_j^n - t_i^p]$
 б) варианты выполнения операции, записанные
 в виде последовательности букв t_k, z_k', z_k^2

ем - необходимо задаться величиной z'_{ij} или z^2_{ij} . При условии целочисленности величин z'_{ij} и z^2_{ij} легко определяется общее количество вариантов выполнения операции при изменении z'_{ij} от 0 до z_{ij} . Давая z_{ij} последовательно значения 0, 1, 2, ..., z_{ij} получаем все варианты, количество которых равно $\rho = z_{ij} + 1$. Каждый вариант выполнения операции можно записать в виде последовательности букв t_k , z'_h и z^2_h , индексы которых принимают следующие значения:

$$k = 1, 2, \dots, t_{i-j}, \quad h = 1, 2, \dots, z_{ij}$$

Состояние операции в данный момент τ определяется с помощью значений индексов k и h

- если к моменту τ не выполнена хотя бы одна предшествующая операция, то $k = 0, h = 0$;
- если все предшествующие операции выполнены, то все дальнейшие состояния определяются какой-либо последовательностью букв t_k, z'_h, z^2_h для данной операции.

Каждый элемент последовательности соответствует одному из допустимых состояний операций в данный момент времени. На основе разработанных правил перехода комплекса работ из одного состояния в другое строился граф допустимых состояний (ГДС). С помощью построенного ГДС рассчитывался календарный план выполнения работ на поточной линии путем оптимального распределения исполнителей при заданном времени выполнения комплекса работ.

Критерием оптимального использования рабочей силы принят минимум величины отклонения количества работающих исполнителей в данный момент времени от среднего числа, потребного для выполнения всех работ комплекса:

$$f_{\tau}(n) = [n(S) - \bar{n}],$$

где $n(S)$ - функция, определяемая количеством исполнителей ,
выполняющих работы данного состояния S
 $\bar{n}$ - среднее число исполнителей.

Для графического представления календарного плана и эффективного использования его в условиях автоматизированного оперативного управления обоснована и разработана семантическая форма сетевых графиков ремонта пассажирских вагонов на потоке в конкретных производственных условиях депо и завода.

В заключении второй главы предложены схемы поточных линий ремонта пассажирских вагонов для депо ст.Симферополь и ст.Днепропетровск. В Симферопольском вагонном депо разработанная поточная линия внедрена в производство. Отличительной особенностью новой организации потока явилась максимальная (для условий депо Симферополь) растянутость технологического процесса ремонта вагонов на 10 позициях с минимальным комплексом операций, выполняемых на каждой позиции.

Ритм поточной линии, равный 4 час. при ремонте пассажирских вагонов, достигнут впервые на сети наших дорог в депо ст. Симферополь.

В третьей главе описаны разработанные автором методики решения задач планирования ремонта пассажирских вагонов и управления технологическим процессом на поточной линии.

Исследование работы органов управления депо выявило функциональную и информационную взаимосвязь задач планирования и оперативного управления и позволило разработать структуру автоматизированной системы управления ремонтом пассажирских вагонов на потоке.

Существующая практика планирования в депо не учитывает вероятностный характер трудоемкости ремонтных работ на вагоне, что приводит к неравномерной загрузке исполнителей. График дейст-

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
Імені академіка В. Лазаряна

67949

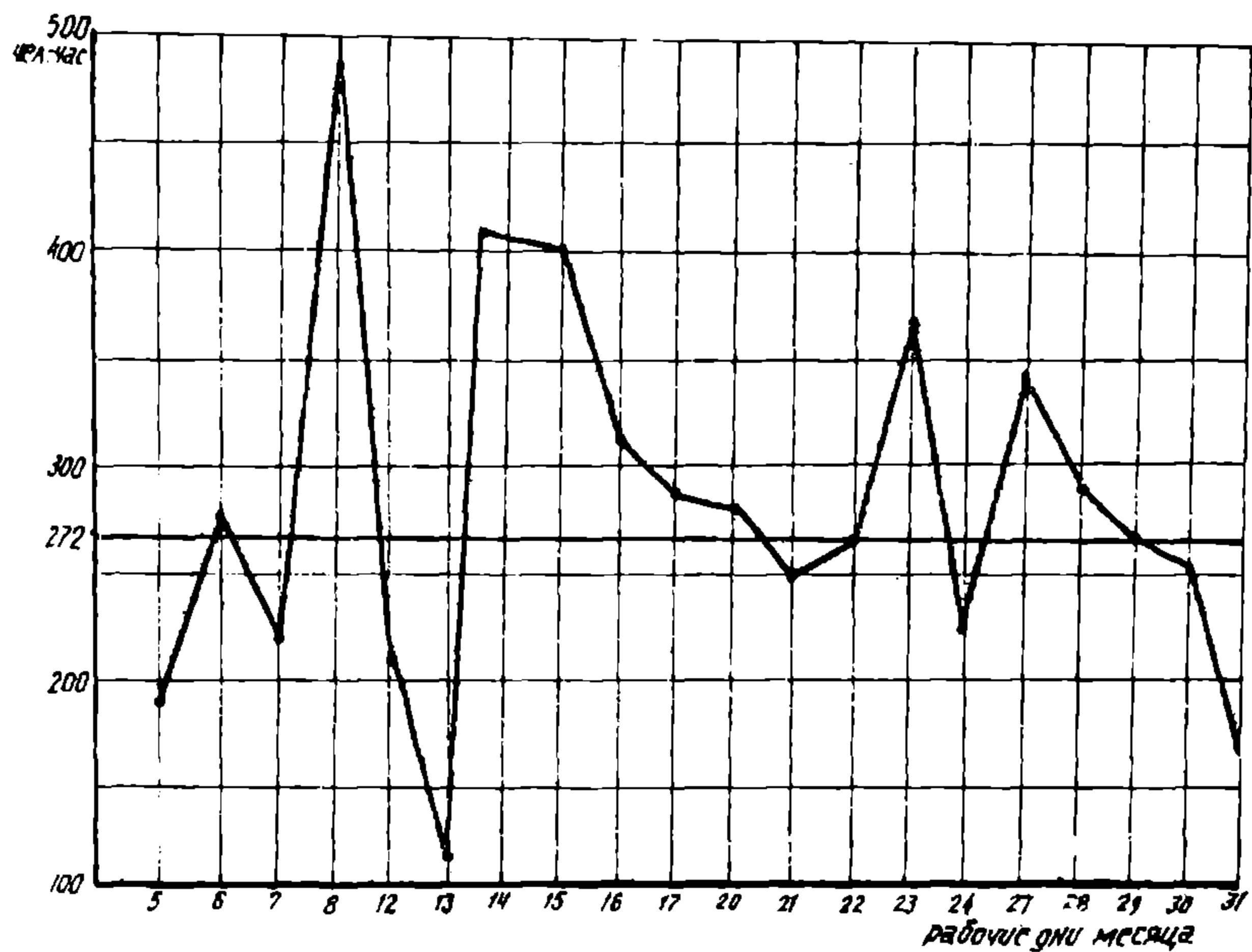
тельной трудоемкости работ в сборочном цехе одного из обследуемых депо по дням одного месяца показан на рис.3а. Из графика видно, что в течение месяца наблюдались значительные отклонения трудоемкости от средней (плановой) величины, равной 272 чел.час. Такое планирование объясняется тем, что руководители не имеют достоверной информации о трудоемкости каждого вагона в отдельности. Поэтому постановку вагонов в ремонт они планируют, основываясь на личном практическом опыте и зачастую принимают необоснованные решения.

При планировании очередного деповского ремонта пассажирского вагона календарным сроком является месяц предыдущего ремонта. Дату постановки вагона в ремонт допускается назначать в любой день этого месяца. Количество возможных очередей из вагонов месячной программы N равно числу $N!$

При программе 60-80 вагонов выбрать оптимальную очередь простым перебором всех возможных перестановок даже с использованием ЭВМ не представляется целесообразным. Это обусловило необходимость разработки специальных алгоритмов и применения ЭВМ для решения данной задачи.

Формулировка задачи принята следующая. Принимая во внимание разнотипность вагонов, а также большие колебания трудоемкости ремонта среди отдельно взятых вагонов, очередь подачи вагонов в ремонт необходимо составить из условия равномерной загрузки поточной линии в целом. Равномерная загрузка исполнителей может быть обеспечена, если для любой пары вагонов $(i, i+1)$, стоящих в очереди рядом, отклонение половины суммы оценок трудоемкости $(\frac{W_i + W_{i+1}}{2})$ от величины средней трудоемкости $W_{cp} = \frac{\sum W_i}{N}$ будет минимальным. Очевидно, что указанное отклонение может быть как положительным, так и отрицательным. Суммарное отклонение для всех пар вагонов, входящих в очередь, целесообразно оценивать

Г9
а)



б)

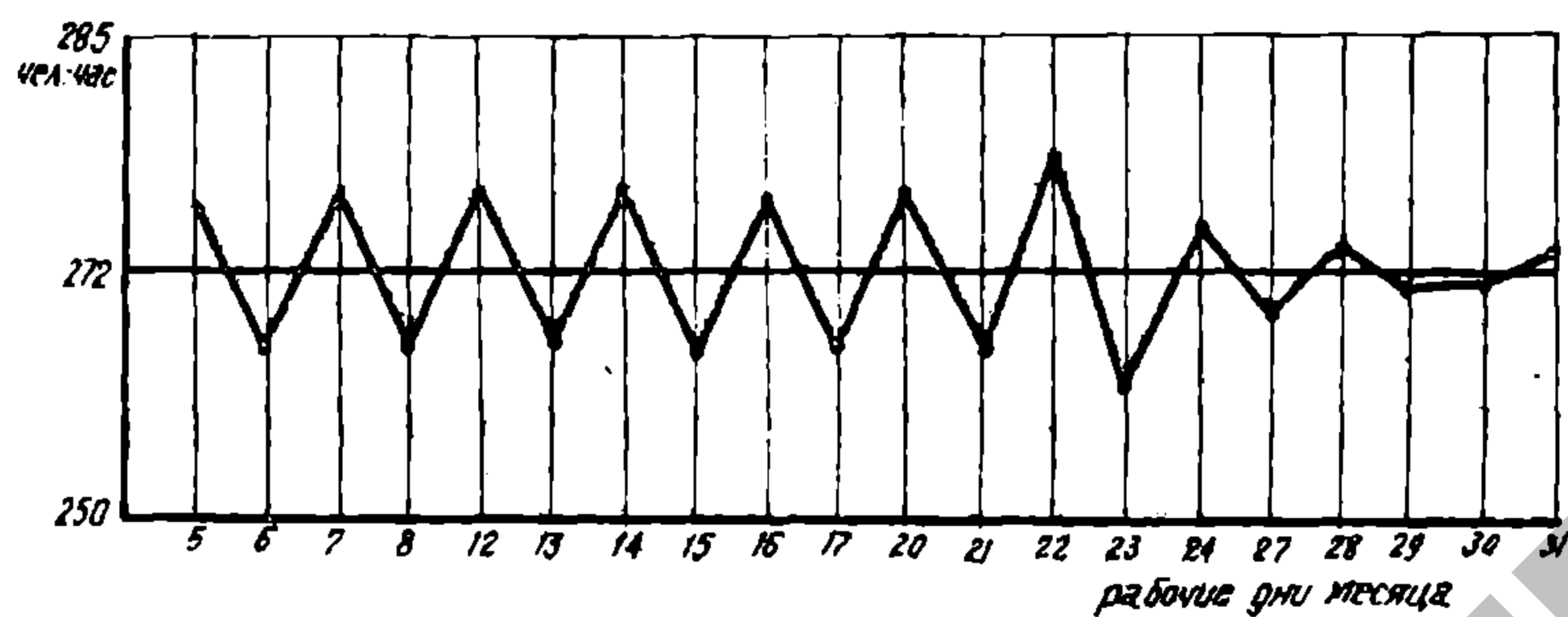


Рис.3 Диаграммы изменения трудоёмкости ремонта вагонов в сборочном цехе по дням месяца
а) без оптимизации
б) после оптимизации очереди подачи вагонов в ремонт

положительным числом. Последнее условие привело к двум видам критерия оптимальности очереди подачи пассажирских вагонов в ремонт:

первый
$$f_1 = \min \sum_{i=1}^N \left| \frac{W_i + W_{i+1}}{2} - W_{cp} \right|$$

второй
$$f_2 = \min \sum_{i=1}^N \left[\left(\frac{W_i + W_{i+1}}{2} - W_{cp} \right)^2 \right]$$

В соответствии с этими критериями разработаны два алгоритма составления очереди подачи вагонов на поточные линии ремонта. Решение задачи разбивается на два этапа. На первом этапе формируется очередь вагонов по какому-либо виду критерия для каждого комплекса работ (специальности исполнителей) в отдельности. Исходными данными для решения задачи на данном этапе являются оценки трудоемкости работ каждой специальности на всех вагонах месячной программы. На втором этапе решения задачи формируется очередь вагонов, наиболее удовлетворяющая исполнителей всех специальностей. В основе алгоритмов лежат методы поиска экстремальных путей на графе.

Для апробации методики, алгоритма и составленной программы решения данной задачи на ЭВМ "Минск-32" была рассчитана очередь подачи вагонов, которые ремонтировались в течение того же месяца в обследуемом депо. В соответствии с полученной очередью была построена диаграмма изменения трудоемкости ремонта вагонов в сборочном цехе по дням месяца (рис.3.б). Сравнение графиков рис.3.а и рис.3.б показывает, что график рис.3.б отображает более равномерную по трудоемкости подачу вагонов в депо.

Как показали исследования форм организации и методов управления ремонтом пассажирских вагонов в депо, повышенное внимание

и большие затраты труда руководителей уделяются тем объектам, срок выпуска которых из ремонта наиболее близок в данный момент. В такой обстановке задания на выполнение работ на вагонах, поступивших в ремонт сравнительно недавно, оказываются второстепенными, контролируются значительно слабее, что в конечном итоге приводит к нарушению ритмичности выпуска вагонов из ремонта.

Чтобы ликвидировать этот организационный недостаток, необходимо создать такую систему оперативного планирования, которая обеспечила бы плавный, непрерывный переход из одного планового периода (рабочая смена или ритм поточной линии) в другой.

Основная трудоемкость построения системы оперативного планирования заключается в создании механизма регулирования хода выполнения работ с целью ликвидации нарушений производственного процесса. В результате исследования был найден метод регулирования, который базируется на том факте, что ремонтные операции на вагоне могут выполняться с переменной интенсивностью. Под интенсивностью понимается количество исполнителей, занятых выполнением ремонтной операции. Верхний предел интенсивности для каждой операции определяется критическим количеством исполнителей.

Использование переменной интенсивности позволяет в любой момент времени снять часть исполнителей с данной операции с тем, чтобы перевести их на другую, более важную в данный момент времени.

Разработанная методика составления сменного задания для бригад сборочного цеха состоит из двух этапов. На первом этапе рассчитывается трудоемкость сменного задания. При этом учитывается фактически выполненный объем предыдущего сменного задания и по возможности точно оценивается трудоемкость работ, которые будут включены в последующие задания.

Для этого рассчитывается сетевой график комплекса операций, выполняемых исполнителями данной бригады на позициях поточной линии. Принято условие, что на каждой позиции может выполняться только одна операция данного класса. Кроме того, к моменту составления сменного задания известны оценки трудоемкости всех операций и количество исполнителей в каждой бригаде.

Вторым этапом сменного планирования является составление графика работы каждой бригады исполнителей. Предложенная методика позволяет рассчитать количество рабочей силы на каждом объекте путем распределения исполнителей по независимым работам таким образом, что минимизируется функция:

$$\min \sum \left| \frac{W_{ai}}{t_c} - \sum_{j=1}^{t_i} n(t_j) t_j \right|$$

при ограничениях: $1 \leq n(t_j) \leq n_{\text{кр}}^{j-1}$, $\sum n(t_j) \leq \lambda$,

где W_{ai} – оценка трудоемкости ремонтной работы i на вагоне a ;

λ – количество рабочих в бригаде;

t_c – длительность смены (ритма);

$n(t_j)$ – количество исполнителей, занятых на выполнении работы в момент времени t_j

В заключении третьей главы дано описание функционирования автоматизированной системы оперативного управления технологическим процессом ремонта пассажирских вагонов в конкретных условиях депо ст.Симферополь.

Система характеризуется наличием технических средств, структурным построением модели, приемом и выдачей оперативной информации о ходе выполнения работ на поточных линиях и о наличии материалов и запасных частей в кладовой депо.

В диспетчерской депо сосредоточены: мнемосхема путей сборного цеха, табло сигнализации контроля выполнения работ на позициях поточной линии, табло сигнализации о наличии запасных частей и материалов в кладовой, устройство двухсторонней связи и

ЭВМ "Ритм".

Решение задач оперативного управления производится следующим образом. Информация о ходе выполнения работ на позициях поступает в диспетчерскую и отображается на световом табло. Поступающую информацию диспетчер вводит в ЭВМ "Ритм", которая рассчитывает сетевой график для ситуации, которая сложилась на данный момент времени.

Определив, по каким специальностям проходит критический путь, диспетчер подключает в режим "решение" графики критических специальностей.

В результате решения определяются резервы времени работ по конкретной специальности исполнителей ремонтных работ. На основании этого расчета производится перераспределение рабочей силы по вагонам так, чтобы погасить возникшую неравномерность загрузки исполнителей и выполнить работы в сроки, запланированные по графику.

Выводы и заключение.

1. Для внедрения прогрессивного поточного метода ремонта пассажирских вагонов на научной основе необходимо учитывать специфику производственного процесса в депо и законы распределения трудоемкости ремонтных работ.

2. Для статистического описания оценок трудоемкости основных видов работ (столярных, слесарных и малярных) можно рекомендовать единый вид β -распределения. Данный закон распределения можно использовать в системе оперативного управления для прогнозирования объема ремонтных работ.

Трудоемкости комплексов различных видов работ имеют неодинаковую степень устойчивости, которую можно оценивать среднеквадратическим отклонением σ_M от средней величины трудоемкости.

3. Моделирование технологического процесса ремонта пассажирских вагонов в виде циклических ориентированных графов с заданными характеристиками дуг дает возможность:

- рассчитать ритм поточной линии,
- определить моменты выпуска и время простоя вагонов в ремонте,
- минимизировать время межоперационных перерывов на поточной линии.

4. При проектировании технологического процесса ремонта пассажирских вагонов на потоке необходимо учитывать критический удельный фронт для каждой работы в отдельности, для чего рекомендуется использовать параметрическую зависимость времени выполнения работы от числа исполнителей при фиксированной оценке трудоемкости.

5. Количество параллельных поточных линий ремонта пассажирских вагонов в условиях депо, при котором достигается максимальная производительность исполнителей и минимальное время выполнения работ, равно трем.

6. Для успешного внедрения методов сетевого моделирования в условиях поточного метода и автоматизированного оперативного управления ремонтом пассажирских вагонов календарный план должен быть тесно увязан с координатой времени (ритмом потока) и распределением рабочей силы. Эффективным с этих позиций является семантический сетевой график.

7. Применять поточный метод ремонта пассажирских вагонов наиболее целесообразно в условиях автоматизированной системы управления. При этом, в первую очередь, должны быть решены задачи планирования подачи вагонов в ремонт и оперативного управления технологическим процессом на поточной линии.

8. Для решения задач оптимального планирования и оперативного управления в депо рекомендуется использовать методы поиска

экстремальных потоков в ориентированных сетях. Критерием оптимизации при решении задач может быть минимизация отклонения трудовых затрат от запланированного уровня на данный промежуток времени (месяц, декада, смена, ритм).

Таким образом, выполненные в диссертации исследования и разработки направлены на решение задач повышения качества и эффективности производства, вытекающие из решений XXV съезда КПСС. Теоретические разработки проведены на базе использования и приемственного развития современных исследований в области вагоноремонтного производства, математических методов оптимального планирования и управления с последующим внедрением результатов в практику предприятий вагонного хозяйства.

Ремонт пассажирских вагонов на поточной линии в депо ст.Симферополь, где использованы результаты диссертации, повысил уровень ритмичности производства на 19,6 %, снизил простой вагонов в ремонте на 1,33 суток и дал экономической эффект 18,1 тыс.руб. в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих статьях:

1. И.М.Коротеев, А.С.Осипов, А.Е.Дударев, Автоматизированная система управления ремонтом вагонов в депо. "Железнодорожный транспорт" № 4 1973.

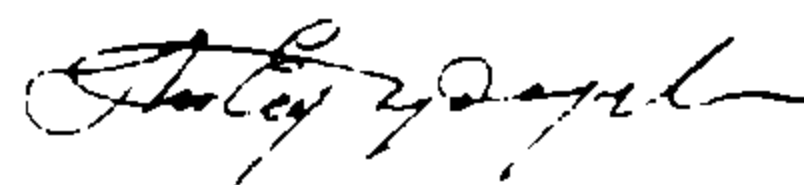
2. А.С.Осипов, А.Е.Дударев, Я.Н.Фомкин, Вопросы управления поточными линиями ремонта вагонов в условиях автоматизированной системы управления. Труды ДИИТа, выпуск 153, Днепропетровск, 1974.

3. А.Е.Дударев, Выбор параметров распределения оценок трудоемкости работ при ремонте вагонов. Труды ДИИТа, выпуск 164/5, Днепропетровск, 1975.

4. А.Е. Дударев, К.Н. Фомкин, В.Г. Анофриев, И.К. Мороз
Некоторые вопросы организации и управления процессом ремонта вагонов на потоке. Труды ДИИТа, выпуск 164/5, Днепропетровск, 1975.

5. А.Е. Дударев, Д.А. Федин, Распределение рабочей силы по позициям поточных линий ремонта пассажирских вагонов в условиях АСУ-депо. Труды ДИИТа, выпуск 174/5, Днепропетровск, 1975.

6. И.М. Коротеев, В.И. Безценный, А.Е. Дударев, Автоматизация управления ремонтом пассажирских вагонов в депо. "Железнодорожный транспорт", № 9, 1976



НТБ
ДНУЖТ

**Разработка поточного метода ремонта
пассажирских вагонов и управления технологи-
ческими процессами**

**БТ 10712. К печати 17.10.1977г. Сдано в производство 17.10.1977г.
Формат 60х84 1/16. Усл.печ.л.1,63. Тираж 150. Заказ 12374.**

**Городская типография № 3 Днепропетровского областного
управления по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,
320002,г.Днепропетровск, ул.Фрунзе,6.**