

СССР - МПС

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ИМ. М. И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

Инженер БАРАШ Юрий Савельевич

УДК 629.472.7:~~629.48.004.67~~

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ
ДЛЯ ДЕПОВСКОГО РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

05.22.07 - Подвижной состав и тяга поездов.

08.00.05 - Экономика, организация управления и
планирования народного хозяйства, в том
числе по отраслям народного хозяйства.

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск-1982

Работа выполнена в Белорусском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Научный руководитель:

кандидат технических наук, профессор КРИВОРУЧКО Николай Захарович.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, заведующий сектором ВНИИЖТа ГРИЦОШКО Владислав Иосифович,

кандидат технических наук, начальник Проектно-конструкторского бюро ЦВ МПС ПОДШИВАЛОВ Юрий Степанович.

Ведущее предприятие - Донецкая ордена Ленина железная дорога.

Защита состоится " " _____ 1982 г.
в " " час. на заседании специализированного совета К 114.07.01 в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта им.М.И.Калинина по адресу: 320629, ГСП, Днепропетровск, 10, ул. акад. В.А.Лазаряна, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ДИИТа.

Автореферат разослан " _____ 1982 г.

Заведующий секретарь
специализированного совета,
технических наук,
ЦЕНТ

Л.В. ПЕТРОВИЧ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. "Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года", принятыми XXVI съездом КПСС, предусматривается дальнейшее укрепление ремонтной базы железнодорожного транспорта. Поставленная задача вызвана тем, что в настоящее время заметилось серьезное отставание технической базы, которая не в состоянии полностью восстановить работоспособность грузовых вагонов при дековском ремонте, в результате чего значительно возросла частота их поступления в текущий отцепочный ремонт. Поэтому развитие и совершенствование деповской базы является необходимым условием повышения работоспособности вагонов. Однако ограниченные капитальные вложения, выделяемые вагонному хозяйству на строительство депо, не позволяют быстро устранить это отставание. В связи с этим возникла необходимость в проведении специальных исследований, которые позволили обосновать оптимальное развитие деповской базы для ремонта грузовых вагонов за счет технического перевооружения линейных предприятий, применения современной технологии ремонта, реконструкции существующих и строительства новых депо.

Цель работы. Основной целью выполненных исследований явилась разработка научно обоснованных методов решения проблемы восстановления работоспособности грузовых вагонов за счет развития и технического обеспечения деповской ремонтной базы в условиях ограниченных капитальных вложений.

Методика исследования. В процессе исследований использованы отчетные данные ЦВ МПС, которые обрабатывались с помощью методов математической статистики и теории вероятностей. При разработке критерия оптимальности и методики выбора рациональных вариантов развития вагоноремонтной базы на полигоне дорог использованы методы математического анализа, линейного и динамического программирования. Математическая обработка и необходимые расчеты выполнены на ЭВМ "Наира 3-1" и "Минск-32" по стандартным и вновь разработанным программам.

Научная новизна. Впервые проведено исследование развития технической базы, связанное с решением комплекса организационно-технических вопросов по выбору рациональных вариантов реконструк-

шии существующих депо и обоснованному размещению новых ремонтных предприятий, при дефиците капитальных вложений. Решение указанных вопросов позволяет в максимальной степени удовлетворить возросшую потребность в депо-ремонтных грузовых вагонов и повысить уровень восстановления их работоспособности.

Для выбора рациональных вариантов развития вагоноремонтной базы предложен критерий – удельные приведенные затраты S_y , который позволяет сравнивать между собой варианты реконструкции, технического перевооружения существующих депо со строительством новых ремонтных предприятий и, наконец, полнее учесть основные факторы, влияющие на оптимальное решение задачи.

Обоснована целесообразность решения указанной выше задачи с помощью методов динамического программирования. Разработаны методика и алгоритм программы оптимального развития технической базы для депо-ремонта грузовых вагонов.

Разработана методика технического перевооружения и реконструкции существующих депо разных параметров и периодов постройки с учетом современных методов организации ремонтного производства, реализация которой позволяет повысить работоспособность вагонов до требуемого уровня.

Практическая ценность. Даны рекомендации Главному управлению вагонного хозяйства, позволяющие определить кратчайшие пути устранения отставания технической базы для депо-ремонта грузовых вагонов при дефиците капитальных вложений, повысить работоспособность подвижного состава и снизить частоту его поступления в текущий ремонт.

Реализация результатов работы. Результаты исследования использованы институтом Гипротранстэи при составлении схем развития технической базы на железных дорогах МПС и разработке "Норм технологического проектирования депо для ремонта грузовых вагонов", а также Днепрогипротрансом при выборе вариантов усиления вагоноремонтной базы на полигоне Золотая Сопка–Иртышское Средне-Сибирской магистрали.

Апробация. Основные результаты исследований обсуждались и получили одобрение на УШ и IX инженерно-технических конференциях молодых специалистов (г. Киев, 1975 и 1976 гг.), XII республиканской научно-технической конференции кафедр БелНИЖТа и секций ДОСНТО Белорусской железной дороги (г. Гомель, 1975 г.), научно-техническом семинаре "Применение ЭВМ при проектировании объектов железнодорожного транспорта" (г. Ленинград, 1975 г.), научно-технической конферен-

ренциях молодых специалистов железнодорожного транспорта (г. Днепрпетровск, 1978 и 1981 гг.).

Диссертационная работа в целом докладывалась, обсуждалась и получила положительную оценку на заседаниях кафедр "Вагоны и вагонное хозяйство" БелНИИЖТа (1976 и 1980 гг.), МИИТа (1982 г.) и научно-техническом совещании отделения вагонного хозяйства ВНИИЖТа (г. Москва, 1982 г.).

Публикаций. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов и предложений, описки литературы. Текстовая часть работы (без приложений, списка литературы, таблиц и рисунков) изложена на 122 страницах машинописного текста. Работа содержит 19 рисунков, 18 таблиц, список использованной литературы из 167 наименований и четыре приложения. Общий объем диссертации 184 страницы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, поставлена цель работы и перечислены основные проблемы, затронутые в диссертации.

В первом разделе дается общая постановка вопроса, проведен аналитический обзор теоретических и практических разработок по вопросам развития базы для ремонта грузовых вагонов, определяются цель и задачи исследования, приводится обоснование выбранного направления исследования.

Основная задача деповского ремонта состоит в восстановлении работоспособности вагонов до уровня, обеспечивающего его нормативный срок службы. Однако исследования, проведенные ВНИИЖТом, показали, что работоспособность вагонов при периодических ремонтах восстанавливается не полностью. Это связано с несоблюдением требований правил ремонта, несовершенством технологии производственных процессов, отсутствием необходимых площадей и специализированного оборудования. Повышение качества ремонта способствует улучшению технического состояния вагонов. При увеличении работоспособности подвижного состава на 15% частота поступления их в текущий ремонт сокращается вдвое. Поэтому развитие и техническое обеспечение деповской базы является необходимым условием повышения работоспособности вагонов. Темпы развития деповской базы отставали и продолжают отставать от темпов роста вагонного парка и потребности вагонов в ремонте. Так за последние 10 лет парк гру-

зовых вагонов увеличился более чем на 50%, а техническая база для деповского ремонта (по числу ремонтных позиций) только на 26%, что крайне недостаточно. Кроме того, начиная с 1972 года по настоящее время в вагонных депо ежегодно ремонтируется капитальным ремонтом от 25 до 35 тыс. грузовых вагонов. При существующих темпах развития заводской ремонтной базы вагонные депо будут вынуждены выполнять капитальный ремонт грузовых вагонов до 1990 года. В ближайшие годы потребность в деповском ремонте вагонов возрастет по сравнению с 1980 годом в 1,3 раза. Для устранения отставания технической базы и реализации планируемой потребности в деповском ремонте следует затратить около 450 млн. руб. Поскольку указанными средствами ЦВ МПС не располагает, возникла необходимость в проведении специальных исследований, позволивших обосновать оптимальное развитие деповской базы, связанное с решением комплекса организационно-технических вопросов по выбору вариантов реконструкции действующих депо и обоснованному размещению вагоноремонтных предприятий.

Анализ ранее выполненных разработок и имеющихся практических решений данной проблемы позволяет сделать вывод, что комплексный подход к решению задачи развития вагоноремонтной базы на сети железных дорог отсутствовал, так как теоретические разработки в основном были посвящены вопросам размещения вагонных депо с учетом частных факторов. Вопросы технического перевооружения, реконструкции и строительства депо решались в проектных институтах при отсутствии достаточных научных обоснований принимаемых решений.

Большой вклад в теорию размещения вагоноремонтных предприятий внесли советские ученые и инженеры: А.А.Бродовский, Н.З.Криворучко, С.П.Бузанов, В.Д.Бехтерев, А.А.Огурцов, В.И.Гридошко, А.М.Ножевников, И.Ф.Скиба, В.Н.Чернов, В.И.Бугаев, А.Ф.Сафронова, С.М.Аввакумов, В.И.Сенько, Е.С.Бузанова и др.

До 1967 года существующие методики предусматривали размещение вагоноремонтной базы пропорционально объему перевозочной работы, а возможность отцепки неисправных вагонов от составов, проходящих станцию, во внимание не принималась. В результате вагонные депо, которые строились в транзитных узлах, постоянно испытывали нехватку в объектах ремонта. Доцентами В.П.Бугаевым и В.И.Сенько была установлена зависимость между количеством объектов ремонта и числом вагонов, проследовавших станцию с переработкой, что позволило более рационально распределить мощности ремонтной базы по отдельным регионам сети железных дорог. Однако выпол-

ненные ими исследования не учитывали ряд особенностей строительства и эксплуатации депо, которые оказывают значительное влияние на развитие деповской базы. Поэтому в настоящей работе решению данной проблемы уделено наибольшее внимание.

Исследуя вопросы развития базы для ремонта грузовых вагонов на сети железных дорог, нельзя получить оптимальное решение поставленной задачи, не изучив возможности технического перевооружения и реконструкции существующих депо в заданных районах страны. Ввиду того, что основной упор увеличения мощности ремонтной базы делается на повышение эффективности функционирования действующих предприятий, этому вопросу посвящен один из разделов диссертационной работы.

Каждое существующее вагоноремонтное предприятие представляет собой сооружение, объемно-планировочное решение которого обуславливается рядом факторов: годом строительства; числом проведенных реконструкций и их значимостью; застройкой прилегающей территории; технологией и принятым методом ремонта вагонов.

Для выбора рациональных вариантов реконструкции действующих депо был проведен анализ существующих типов грузовых вагоноремонтных предприятий и изучены ранее применявшиеся способы их расширения. В результате установлено отсутствие единой методики по реконструкции существующих депо разных параметров и периодов постройки.

Задача оптимального развития деповской вагоноремонтной базы относится к классу производственно-транспортных и для ее решения обычно использовался математический аппарат линейного программирования. Однако применение методов линейного программирования возможно в случаях, когда основные исследуемые величины, входящие в целевую функцию, линейны. Вследствие того, что теоретический и статистико-вероятностный анализ капитальных вложений не подтвердил наличие функциональной связи между ними и величиной производственной программы, была обоснована необходимость решения указанной задачи методом динамического программирования.

Второй раздел посвящается выбору и обоснованию критерия оптимальности развития деповской вагоноремонтной базы и анализу его основных составляющих.

Существует несколько вариантов решения задачи размещения новых и реконструкции существующих депо на полигоне дорог. Для выбора наилучшего варианта должен быть установлен критерий опти-

мальности, на основе которого производится оценка сравниваемых вариантов. В качестве такого критерия в работе приняты удельные приведенные затраты S_y

$$S_y = K_y + C_z + C_d + \lambda_H \cdot (C_B^H + C_e^H) - (\lambda_H - 1) \cdot (C_B^{ст} + C_e^{ст}) + C_t \cdot \lambda_n, \quad (I)$$

где K_y - удельные капитальные вложения в реконструкцию ремонтной базы полигона с коэффициентом приведения;

C_z - удельные затраты на содержание запаса вагонов, ожидающих ремонта;

C_d - удельные затраты, связанные с переработкой вагонов на станции расположения депо;

λ_H - коэффициент приведения эксплуатационных затрат в проектируемых депо;

C_B - себестоимость ремонта вагона;

C_e - удельные затраты, связанные с проездом рабочих и служащих к месту работы и обратно;

C_t - удельные транспортные расходы на подсылку вагона и его переработку на станциях расположения ПТО;

λ_n - коэффициент приведения транспортных затрат на полигоне дороги к рассматриваемому варианту строительства;

$ст, H$ - индексы, указывающие принадлежность рассматриваемой величины к депо до и после реконструкции.

Принятый показатель оптимальности является наиболее представительным для решения данной задачи, так как он в максимальной степени отражает основное технико-экономическое содержание установленного критерия. Остальные характеристики критерия оптимальности (условия труда, степень сложности эксплуатации и ремонта, сроки строительства, резервы мощности, возможность дальнейшего развития и др.), которые невозможно оценить одним совокупным измерителем, следует учитывать в виде натуральных показателей.

При анализе всех факторов, входящих в выражение (I), оказалось, что значения величин, отражающих строительные расходы, наличие запаса вагонов, необходимость перемещения рабочих и служащих к месту работы и обратно, переработку вагонов на станциях расположения депо и себестоимости ремонта вагона не зависят от плана подсылки объектов ремонта и являются характеристиками проектируемых депо и станций, на которых они расположены. В ре-

зультате задача по оптимальному размещению вагоноремонтной базы на полигоне дороги расчленилась на две:

1) определение показателей, характеризующих местные условия строительства, особенности работы рассматриваемых станций и проектируемых на них вагонных депо;

2) решение транспортной задачи по оптимальному прикреплению станций к депо для обеспечения полевых объектами ремонта.

Вариант, обеспечивающий минимум суммы удельных приведенных затрат по формуле (I), считается оптимальным.

В работе установлены зависимости основных составляющих удельных приведенных затрат от величины прироста программы ремонта вагонов - ΔN и определена их значимость. Исследования показали, что все факторы критерия, кроме капитальных вложений, имеют линейную зависимость от ΔN , либо остаются постоянными при её изменении. Учитывая определяющее значение капитальных вложений на оптимальное развитие производственной базы, был выполнен регрессионный анализ технических проектов депо по ремонту грузовых вагонов, который показал, что капитальные вложения на строительство и реконструкцию предприятий для одинаковых значений ремонтных программ существенно отличаются друг от друга. Построенный по результатам расчетов на рис. I доверительный интервал оказался очень большим, так как величина отклонений $-t_{\alpha} S_p$ прогнозов индивидуальных значений y_i составляет $30 \pm 15\%$ от расчетных значений y . Такой разброс в прогнозах недопустим. Следовательно, функциональной связи между указанными величинами не установлено. Поэтому решение задачи по рациональному развитию технической базы с помощью методов линейного программирования, которыми широко пользуются в настоящее время, приводит к значительным ошибкам (50-80%).

В третьем разделе рассматриваются результаты исследований рациональных вариантов реконструкции и строительства новых депо. Для общности решения задачи принято считать строительство новых главных корпусов вагонных депо частным случаем реконструкции действующих ремонтных предприятий при существующих площадях, равных нулю.

Основная цель любой реконструкции депо состоит в удовлетворении растущей потребности в ремонте вагонов и повышении уровня восстановления их работоспособности. В настоящее время отсутствие

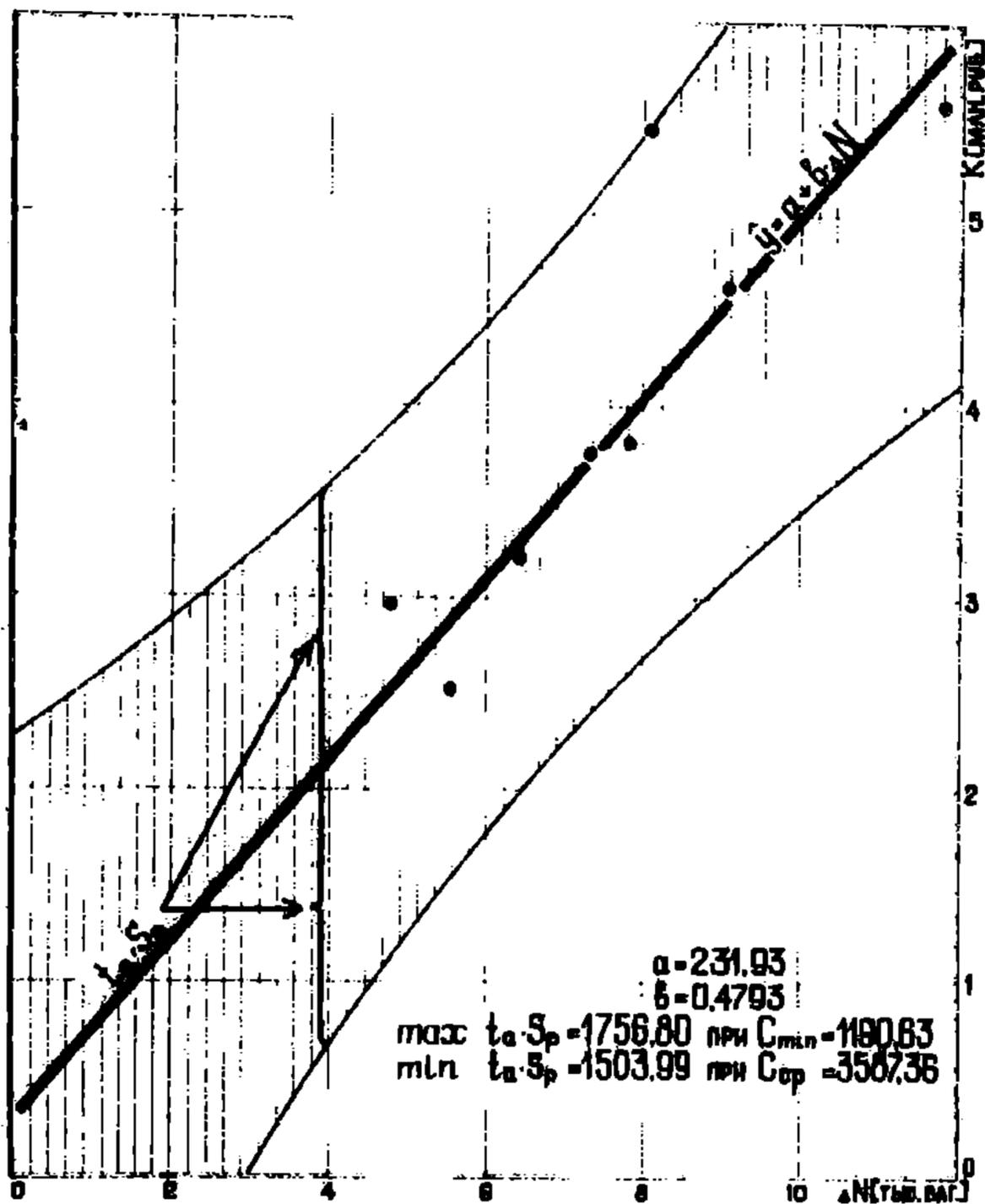


Рис. 1. Доверительные интервалы линейной зависимости капитальных вложений от программы ремонта

единой методики по перестройке линейных вагоноремонтных предприятий не позволяет при внедрении новой технологии или расширения депо достичь желаемых результатов. Это обстоятельство объясняется тем, что при реконструкции не учитываются: стесненность застроенной территории, взаимное расположение основных ремонтных участков, сложность путевого развития и ряд других вопросов. Эффект от реконструкции депо может быть достигнут при условии комплексного решения вопросов по рациональной организации ремонта вагонов, обоснованному увеличению производственных площадей, применению современной специализированной оснастки и учету ос-

бенностей существующих предприятий. Как следствие, возникла необходимость разработки методики выбора рационального варианта реконструкции существующих ремонтных предприятий. Любое расширение вагонного депо всегда связано с реконструкцией его главного корпуса, в состав которого входят все производственные участки и отделения. При решении данного вопроса могут возникнуть варианты достройки главных корпусов депо, но заранее, без технико-экономического сравнения нельзя определить, какой из принятых вариантов лучше. Поэтому при выборе рационального варианта реконструкции действующего предприятия необходимо:

- 1) установить критерий оптимальности реконструкции существующих главных корпусов депо;
- 2) исследовать влияние методов ремонта вагонов на реконструкцию депо и его основные параметры;
- 3) разработать конкретные варианты реконструкции существующих вагонных депо.

В качестве критерия оптимальности решения данной задачи предлагается принять приведенные расходы на деповской ремонт вагонов

$$E_{пр}^{пр} = \sum_{i=1}^n [C_{зг}^i \cdot (\alpha_1 + \alpha_2 + E_n) + 51 \cdot B_i \cdot L_i + N_i \cdot B_i \cdot L_i \cdot \rho_0 \cdot 10^{-6} \cdot (199 - 17t_{ср})], \quad (2)$$

где $C_{зг}^i$ - общая стоимость строительно-монтажных работ по каждому пролету главного корпуса депо;

α_1, α_2 - проценты амортизационных отчислений;

E_n - нормативный коэффициент эффективности;

B_i, N_i, L_i - параметры (ширина, высота и длина) каждого пролета главного корпуса депо;

ρ_0 - продолжительность отопительного периода в сутках;

$t_{ср}$ - средняя температура наружного воздуха за отапливаемый период в °С.

При техническом перевооружении и реконструкции вагонных депо обычно за основу принимается поточный метод ремонта грузовых вагонов. Реализация этого метода требует создания сквозных оборочных участков, параллельно которым должны располагаться ремонтно-комплектовочные отделения и колесно-тележечные участки. Пооперационная специализация при прямолинейном потоке предусматривает

последовательное расположение отделений для ремонта основных узлов вагона с организацией в них самостоятельных поточных линий. Ввиду того, что при реконструкции существующих предприятий стесненность застроенной территории зачастую не позволяет располагать ремонтные отделения вдоль всей длины вагоносборочного участка, в работе обоснована новая организация ремонта узлов вагона во многоэтажных корпусах, оборудованных грузовыми лифтами, и приведена методика определения основных параметров указанных отделений.

Для разработки методики оптимальной реконструкции депо разных параметров и периодов постройки, с учетом существующей застройки территории, было обследовано 136 вагоноремонтных предприятий на 14 дорогах Советского Союза. Анализ показал, что основу вагоноремонтной базы составляют бывшие ВРП — 58%; 78% депо имеют длину сборочного участка 60 м и менее, 41% — имеют в составе сборочного участка тележечный участок, 36% депо не полностью используют производственные площади сборочных участков.

Несмотря на большое количество типоразмеров планировок существующих депо, можно наметить наиболее рациональные варианты их технического перевооружения и реконструкции, которые необходимо выполнять в следующей последовательности:

1) добиться увеличения съема вагонов с одного ремонтного стойла путем применения специализированной оснастки на поточных линиях;

2) полностью использовать основные производственные площади сборочного участка путем организации поточных линий и выноса тележечного участка в отдельное здание;

3) вынести малярные позиции из вагоносборочного участка и пристроить к нему новое малярное отделение;

4) выполнять достройку сборочного участка на продолжении ремонтных путей либо в стороне от них.

Анализируя основные характеристики вагонных депо, автор исследовал возможность их усиления по предлагаемым вариантам (табл. I). Из таблицы следует, что около 40% существующих ремонтных предприятий не полностью используют свои производственные площади, что является большим резервом развития технической базы.

В процессе анализа было установлено, что 88,4% вагонных депо можно реконструировать одновременно по нескольким вариантам. Так как сокращение числа одновременно реконструируемых депо позволяет уменьшить количество возводимых зданий и снизить затраты на организацию строительства.

Таблица I

Возможное усиление исследуемой части вагоноремонтной базы при реконструкции депо отдельно по разным вариантам

Вариант реконструкции депо	Процент депо, в которых целесообразно проводить реконструкцию отдельно по каждому варианту	Прирост годовой программы ремонта (ваг/год)	Ориентировочная стоимость реконструкции (тыс.руб.)	Удельная стоимость реконструкции (руб./ваг)
I	39,3	45312	1248,6	27,50
II	50,0	83072	74765,0	89,90
III	78,6	158592	12530,5	79,10
IV	63,4	188800	19347,9	102,40
Итого	-	474976	40603,5	-

принятому направлению, автор исследовал эффективность указанных мероприятий. Выполненные исследования показали, что самой экономичной является реконструкция, проведенная одновременно по четырем вариантам, так как удельные расходы капитальных вложений на I вагон составляют 73,10 руб. Менее экономичной, но более часто встречающейся, считается реконструкция, выполняемая одновременно по трем вариантам в любом сочетании. При реконструкции депо по указанным вариантам возможен прирост ремонтной мощности на 40% к существующей на сети дорог.

В четвертом разделе дается методика выбора рационального варианта развития вагоноремонтной базы на полигоне железных дорог. Из-за отсутствия функциональной связи между капитальными вложениями на строительство депо и приростом программы ремонта применить методы линейного программирования для решения данной задачи не представилось возможным. Поэтому для выбора оптимального варианта развития базы по ремонту грузовых вагонов был предложен метод динамического программирования, сущность которого приводится ниже. На рассматриваемом полигоне имеются ∇ вагонных депо, которые в дальнейшем будем называть системой. Каждое вагонное депо имеет начальное (N_i^0) и конечное ($N_i^0 + \Delta N_i^k$) состояния, а также несколько промежуточных состояний, соответствующих возможным вариантам развития. Каждый вариант реконструкции характеризуется тремя векторами состояния ΔN_{ij} ; K_{ij} ; C_{ij} где

ΔN_{ij} - программа ремонта вагонов, которая дополнительно может быть реализована в i -том депо при j -том варианте развития;
 K_{ij} - капитальные вложения, затраченные на реализацию в i -том депо j -того варианта реконструкции; C_{ij} - дополнительные эксплуатационные затраты в i -том депо после осуществления j -того варианта развития. В качестве исходных данных при решении задачи учитываются следующие условия (ограничения):

1. На полигоне необходимо реализовать дополнительную программу в объеме - ΔN .

2. На развитие группы вагонных депо выделяется ограниченный объем капитальных вложений - K .

При выполнении первого ограничения решение задачи заключается в распределении величины дополнительной программы (ΔN) между депо при условии минимизации суммарных приведенных затрат, потребных на развитие базы.

$$E = \min \sum_{i=1}^n E_i \quad \text{при условии} \quad \Delta N \leq \Delta N_1 + \Delta N_2 + \dots + \Delta N_n,$$

$$\forall \Delta N_i \geq 0; \forall \Delta N_i - \text{целое}, \quad (3)$$

где E - суммарные приведенные расходы, потребные на развитие системы; n - количество депо данного типа, расположенных на заданном полигоне; E_i - суммарные приведенные расходы на развитие i -ого депо.

В связи с тем, что объем ассигнований, выделяемых на развитие деповской базы при втором ограничении, не всегда позволяет реализовать рациональный вариант, капитальные вложения на реконструкцию должны быть распределены между теми депо, которые дадут максимальный эффект от развития базы. Другими словами, минимум может получиться относительным, а не абсолютным.

$$\Delta N = \max \sum_{i=1}^n \Delta N_i \quad \text{при условии} \quad \left\{ \begin{array}{l} K \geq K_1 + K_2 + \dots + K_n; \\ \forall \Delta N_i \geq 0; \\ \forall \Delta N_i - \text{целое}; \\ \forall \Delta N_i \geq 0 \end{array} \right. \quad (4)$$

При решении задач методом динамического программирования рассмотренный процесс должен быть марковским или процессом без последования. Тогда можно утверждать, что управление ΔN^k , применяемое к системе, зависит только от достигнутого состояния N^{k-1} .

Каждый шаг по переводу системы из одного состояния в другое (например, $N^{k-1} \rightarrow N^k$) связан с определенными расходами. Величина этих расходов зависит от текущего состояния (N^{k-1}) и выбранного решения (ΔN^k). Так как процесс марковский, то

$$E_k = E_k(N^{k-1}, \Delta N^k). \quad (5)$$

Тогда общий объем приведенных расходов за A шагов складывается из расходов на отдельных шагах

$$E = \sum_{k=1}^A E_k(N^{k-1}, \Delta N^k). \quad (6)$$

Метод динамического программирования требует, чтобы критерий количества (качества) обладал свойствами сепарабельности и аддитивности. Сепарабельность функции заключается в том, что она может быть записана как сумма m функций, каждая из которых является функцией одной переменной

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_m) = f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) + \dots + f_m(x_m). \quad (7)$$

Рассматриваемая задача оптимального развития ремонтной базы позволяет заключить, что функция, которую необходимо минимизировать, является сепарабельной, так как эту функцию можно представить как сумму слагаемых, каждое из которых будет характеризовать состояние одного депо и будет зависеть только от одной переменной.

Другим более жестким свойством критерия является его аддитивность. Аддитивность указывает на то, что слагаемые, входящие в критерий, рассчитываются на каждом шаге процесса оптимизации.

В основе теории динамического программирования процессов без последования, каким является рассматриваемый пример (задача), лежит принцип оптимальности, который впервые был сформулирован Р. Беллманом. Оптимальная стратегия обладает тем свойством, что каковы бы ни были начальное состояние и начальное решение, последующие решения должны составлять оптимальную стратегию относительно состояния, полученного в результате начального решения.

Таким образом, к решению многошаговой задачи мы приходим через рассмотрение последовательности задач оптимизации одношагового, двух-, трех- и в конечном A -шагового процесса. Так, прием замены исходной задачи последовательным решением более простых задач составляет важнейшую особенность метода динамического программирования.

Математическая формулировка принципа оптимальности для процессов без последствия с аддитивным критерием может быть определена следующим образом. Обозначим через $E_A(N^0)$ минимальные дополнительные приведенные затраты, которые потребовалось за A шагов для того, чтобы на полигоне реализовать требуемый прирост программы ремонта ΔN , то есть

$$E_A(N^0) = \min [E_1(N^0, \Delta N^1) + E_2(N^1, \Delta N^2) + \dots + E_A(N^{A-1}, \Delta N^A)] \quad (8)$$

Если предположить, что после первого шага процесс развивался оптимально, тогда общие дополнительные расходы на реализацию A шагов будут равны

$$E_A = E_1(N^0, \Delta N^1) + F_{A-1}(\Delta N^1), \quad (9)$$

где $F_{A-1}(\Delta N^1)$ — дополнительные приведенные расходы для доведения системы до конечного состояния за $A-1$ шаг.

Для оптимизации рассматриваемого процесса для всех A шагов необходимо найти то начальное решение ΔN^1 , при котором дополнительные приведенные расходы были бы минимальными, то есть $E_1(N^0, \Delta N^1) = \min$. Тогда минимальные дополнительные расходы от всего процесса оптимизации составят

$$E_A(N^0) = \min_{\Delta N^1} [E_1(N^0, \Delta N^1) + E_{A-1}(\Delta N^1)] \quad (10)$$

$$\Delta N_A(E^0) = \max_{E^1} [\Delta N_1(E^0, E^1) + \Delta N_{A-1}(E^1)]$$

Данное выражение и представляет собой математическую запись принципа оптимальности. Это выражение носит название функционального уравнения и имеет рекуррентный характер, который заключается в том, что для вычисления очередного значения функции $E_{A-1}(\Delta N^1)$ в качестве аргумента используется предыдущее значение функции $E_1(N^0, \Delta N^1)$. Вся последовательность вычислений, приходящая к $E_A(N^0)$, может быть выполнена если известно значение какой-

либо одной функции $E_{A-K}(N^A)$. В качестве такой функции удобно взять $E_0(N^A)$, поскольку она равна нулю. Это значение указывает на то, что за пределы конечного состояния систему развивать нет необходимости, а значит дополнительные приведенные расходы равны нулю. Таким образом, задача отыскания оптимальной стратегии переходит в задачу определения решения функционального уравнения (12).

В диссертации на конкретном примере поясняется сущность методики оптимального развития деповской вагоноремонтной базы на полигоне, имеющем три существующих депо. Графически процесс оптимизации для указанной задачи может быть представлен в виде направленного графа (рис.2).

7541a

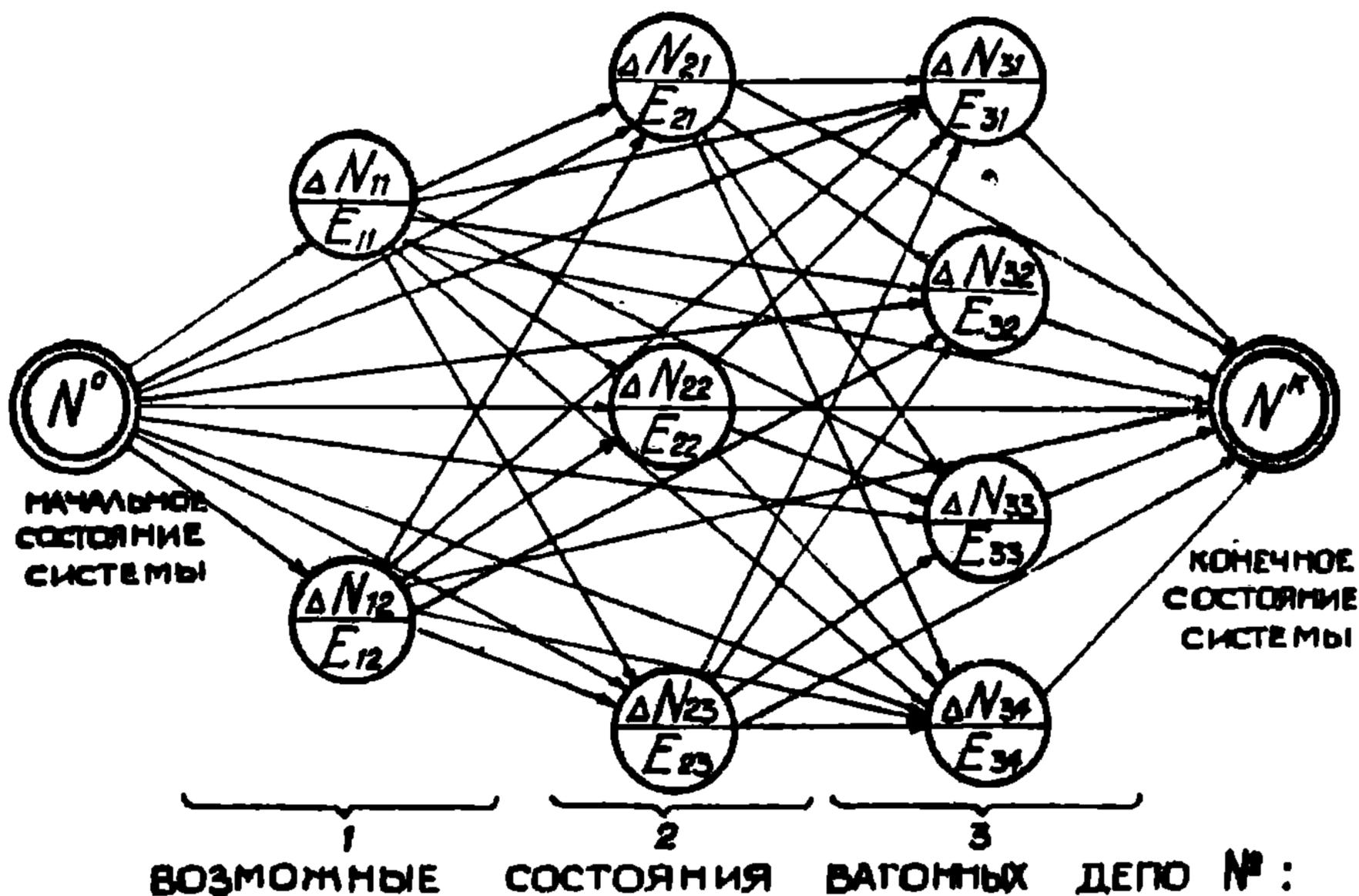


Рис.2. Графическая интерпретация процесса оптимизации

Существующая практика перспективного развития вагоноремонтной базы имеет один существенный недостаток: варианты реконструкции депо рассматриваются без взаимосвязи. Расчеты, проведенные по предлагаемой методике, показали, что необходимо рассматривать систему, а не отдельные депо. И чем больше депо в системе, тем с меньшими затратами можно реализовать граничные условия задачи.

По результатам расчетов были построены графики изменений дополнительных приведенных расходов от прироста программы на полигоне.

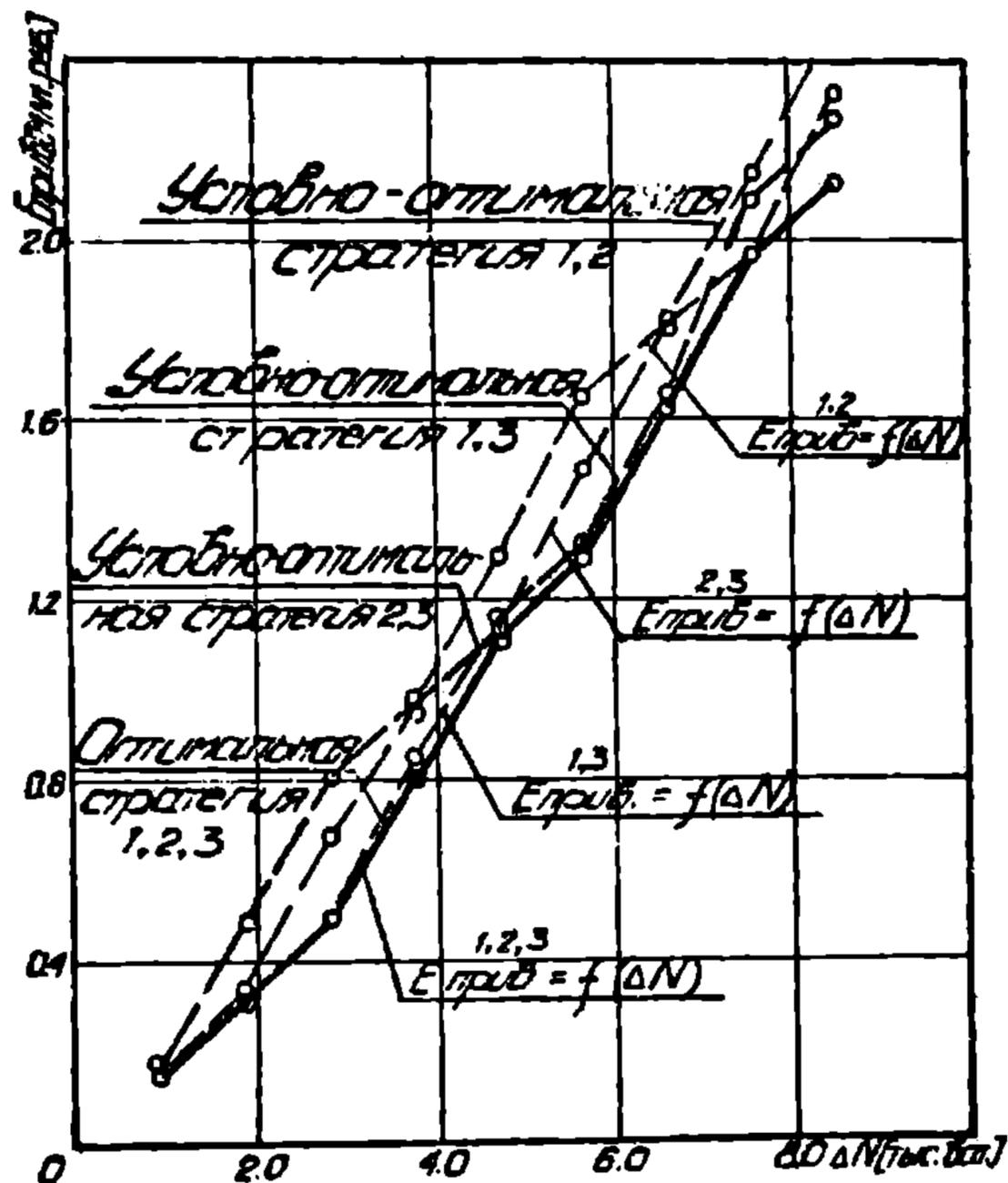


Рис. 3. Графики изменений дополнительных приведенных расходов от прироста программы

Имея такие зависимости, можно легко определять зону эффективности поиска оптимального решения.

В отдельных работах высказывается мнение о том, что при реализации дополнительной программы на полигоне ее необходимо прежде всего реализовать в маломощных депо. Однако это мнение следует признать ошибочным, так как результаты проведенных исследований показывают противоположное. В конце раздела приведены алгоритм решения рассмотренной задачи и блок-схема.

В пятом разделе рассчитывается технико-экономическая эффективность выполненных исследований, перечислены организации, внедрившие новую методику и отдельные части.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Выполненные исследования показали, что одним из крупных резервов преодоления отставания деповской базы для ремонта грузовых вагонов является системный подход к решению комплекса технических и организационных вопросов, связанных с выбором рациональных вариантов реконструкции существующих и оптимального размещения новых вагонных депо.

2. Выбор вариантов развития вагоноремонтной базы с целью отыскания оптимального решения необходимо производить с учетом следующих основных факторов:

- а) обеспеченности вагонных депо объектами ремонта;
- б) возможности рационального размещения цехов и отделений депо на выделенной для строительства площадке, а также организации в них нового передового технологического процесса;
- в) капитальных вложений, являющихся единственным мерилом всех особенностей строительства и эксплуатации депо;
- г) перерабатываемых мощностей рассматриваемых станций;
- д) наличия энергетических и людских ресурсов в зоне строительства.

Для выполнения указанной задачи предложен новый критерий оптимальности — удельные приведенные затраты. Принятый показатель оптимальности является наиболее представительным, поскольку он в максимальной степени отражает основное технико-экономическое содержание предложенного критерия.

3. Установлено, что определяющее влияние на выбор варианта развития базы оказывают капитальные вложения, величина которых зависит от принятой организации ремонта вагонов, технических характеристик устанавливаемого оборудования, расчетных параметров сооружаемых депо и протяженности инженерных сетей.

4. Для повышения достоверности решения задачи по развитию технической базы (50–80%) предложен метод динамического программирования, на основе которого разработана новая методика, позволяющая выбирать рациональные варианты усиления деповской базы, последовательность, способы реконструкции существующих и оптимальные параметры новых вагонных депо.

5. Варианты развития базы необходимо рассматривать одновременно для группы предприятий, расположенных на заданном полигоне,

а не для отдельных депо. В этом случае достигается значительный эффект от реализации капитальных вложений. Исследование в широком диапазоне величины прироста программы ремонта вагонов позволяет установить оптимальный состав группы, который должен быть не менее 3—4 депо в зависимости от рассматриваемого полигона.

6. Для устранения имеющегося отставания деповской базы по ремонту грузовых вагонов достаточно реконструировать примерно 40 депо. При этом капитальные вложения в реконструкцию будут в 2,5 раза меньше чем при строительстве новых депо той же суммарной мощности. Однако это не означает, что какой-то период необходимо отказаться от строительства новых депо. Они должны сооружаться в тех районах, где техническая база отсутствует или, согласно выполненным расчетам, по предложенным в диссертации методам, строительство их окажется экономически более выгодным чем реконструкция существующих депо.

7. В работе доказано, что развитие технической базы для деповского ремонта следует рассматривать как научно обоснованную систему мер, направленных на повышение уровня восстановления работоспособности вагонов при проведении плановых видов ремонта. Применение, полученных в работе вариантов реконструкции существующих и строительства новых депо, позволяет повысить работоспособность вагонов до требуемого уровня и сократить частоту их поступления в текущий ремонт.

8. Технико-экономическая оценка выполненных исследований в области усиления вагоноремонтной базы показала высокую эффективность рекомендуемых мероприятий. Практическое применение методики выбора варианта развития базы при строительстве новых и реконструкции существующих депо на полигоне Золотая Сопка-Иртышское позволило получить экономический эффект от ее внедрения 2300 тыс.руб., о чем свидетельствуют приложенные к работе акты внедрения.

Основное содержание работы опубликовано в следующих работах:

1. Бараш Д.С. Анализ существующих депо по ремонту вагонов и методы их реконструкции. — В кн.: Совершенствование ремонта и текущего содержания вагонов. Гомель, 1976, с. 37-45. — (Тр./Белорусского ин-та инж.ж.-д.трансп.; Вып.150).

2. Бараш Ю.С., Сенько В.И. Исследование характера влияния программы ремонта вагонов на величину капитальных вложений, потребных на развитие депо. Гомель, 1981. - 9 с. Рукопись представлена Белорусским ин-том инж. ж.-д. трансп. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 15 окт. 1981 г. № 1513.

3. Бараш Ю.С. К вопросу реконструкции существующих вагонных депо. - В кн.: Совершенствование технического обслуживания и ремонта вагонов. Гомель, 1979, с. 58-65. - (Межвузовский сб. науч. статей, ISSN 0131-3967).

4. Бараш Ю.С. Методика выбора вариантов развития деповской вагоноремонтной базы. - В кн.: Совершенствование технического обслуживания и ремонта вагонов. Гомель, 1979, с.47-52. - (Межвузовский сб. науч. статей, ISSN 0131-3967).

5. Бараш Ю.С. Составление локальных технологических смет и заказных спецификаций с помощью ЭВМ "Минск-32". - В кн.: Совершенствование конструкции и ремонта вагонов. Гомель, 1975, с.35 - 38. - (Тр./Белорусского ин-та инж. ж.-д. трансп.; Вып. 135).

6. Бараш Ю.С., Сенько В.И. Экономико-математическая постановка задачи развития деповской вагоноремонтной базы на полигоне дорог. Гомель, 1981. - 9 с. Рукопись представлена Белорусским ин-том инж. ж.-д. трансп. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 15 окт. 1981 г. № 1508.

7. Криворучко Н.З., Бараш Ю.С., Шурин В.Э. К вопросу оптимального развития вагоноремонтной базы на полигоне дороги. - В кн.: Совершенствование ремонта и текущего содержания вагонов. Гомель, 1976, с. 3-11. - (Тр./Белорусского ин-та инж. ж.-д. трансп.; Вып. 150).

Бараш Юрий Савельевич

**РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ
ДЛЯ ДЕПОВСКОГО РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ**

05.22.07 - Подвижной состав и тяга поездов.

**08.00.05 - Экономика, организация управления и
планирования народного хозяйства, в том
числе по отраслям народного хозяйства.**

**Подписано к печати 26.10.82. БТ 61473. Формат 60x84/16.
Бумага для множительных аппаратов. Ротапринт. Усл.печ.л.1,28.
Уч.-изд. л.1. Тираж 120 экз. Заказ 81ром . Бесплатно.**

**Участок оперативной полиграфии института "Днепрогипротранс".
320027, ГСП, Днепропетровск, 27, пр. К.Маркса, 18.**