

МПС — СССР

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

УДК 629.463.125.089.004(043.3)

На правах рукописи

ТРОФИМЕНКО Александр Федорович

**ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОНОМНЫХ РЕФРИЖЕРАТОРНЫХ ВАГОНОВ
И ОРГАНИЗАЦИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ В РЕМОНТ**

05.22.07 — Подвижной состав и тяга поездов

05.22.08 — Эксплуатация железнодорожного транспорта

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

Днепропетровск 1983

6698a

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Увеличение пропускной и провозной способности железных дорог в соответствии с "Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" служит определяющим фактором в техническом развитии железнодорожного транспорта. Одним из путей решения этой задачи является всестороннее повышение интенсификации использования вагонного парка и сокращения времени его нахождения в неисправном состоянии.

АКТ
ПОДАШНО

Реализация продовольственной программы, выдвинутой XXV съездом КПСС, приведет к значительному увеличению производства продуктов питания и, следовательно, объемов их перевозок, что безусловно потребует дальнейшего совершенствования технических средств железнодорожного хладотранспорта, а также системы технического обслуживания и ремонта изотермического подвижного состава (ИПС), в том числе и автономных рефрижераторных вагонов (АРВ).

Наличие на полигоне обращения АРВ большого количества грузоотправителей, отгружающих ограниченные объемы скоропортящихся грузов, предопределяет необходимость широкого применения данного типа подвижного состава и улучшения показателей его работы. Повышение интенсивности эксплуатации АРВ будет способствовать увеличению погрузочных ресурсов железных дорог.

Теоретические, экспериментальные и организационно-технические разработки по сокращению сроков эксплуатации и направлению в периодический ремонт и утилизацию рефрижераторного об-

Днепропетровский
Сектор АРВ
Железнодорожное управление
им. М. П. Келдыша
БИБЛИОТЕКА

ДНУ 31

служивание (УТО-2) и снижению приведенных затрат на производство данных видов ремонтных работ, являются важными и актуальными.

Комплексный характер проблемы размещения производства и обеспечение депо и основных ПТО объектами ремонта, взаимосвязь ее с задачами совершенствования и организации направления автономных вагонов в ремонт, зависящих от условий работы, подчеркивает необходимость ее решения на научной основе.

Цель работы

заключается в исследовании вопросов, связанных с повышением эффективности использования АРВ за счет совершенствования обеспечения депо и основных ПТО объектами ремонта, их специализация концентрации работ, снижения на этой основе приведенных затрат на производство ремонта и существенного сокращения непроизводительных пробегов при нахождении АРВ в неисправном состоянии.

Общая методика исследования

Исследования проводились с использованием методов математического анализа, теории вероятности и математической статистики, имитационного моделирования и его стохастического варианта – метода статистических испытаний. Математическая обработка и необходимые расчеты выполнены на ЭВМ ЕС-1022 и "Минск-32".

Научная новизна

Впервые разработана имитационная модель условий работы автономных вагонов не только для существующего, но и для произвольного полигона обращения. Проанализированы изменения исследуемых показателей работы АРВ в случае расширения или изменения изучаемого полигона. Выявлены резервы и разработаны рекомендации по снижению непроизводительного порожнего пробега этих вагонов при направлении в ремонт. Такой вариант весьма выгоден и может быть реализован в условиях функционирования действующей подсистемы АСУЖТ "Рефрижератор" и рационального размещения ремонтной базы.

Разработана методика отыскания оптимального центра потребления для размещения в нем депо или основного ПТО АРВ. Критерием оптимальности решения проблемы является достижение минимума приведенных затрат на ремонт данного типа подвижного состава.

Разработан комплекс математического обеспечения для решения задач: моделирование на ЭВМ перемещения АРВ на полигоне эксплуатации; нахождение оптимального пункта размещения депо и основного ПТО на полигоне их обращения, определение оптимального пункта размещения депо (основного ПТО) для ремонта специальных вагонов на полигоне эксплуатации, в том числе при отсутствии их приписки.

Практическая ценность

Внедрение выполненного комплекса исследований по сокращению расстояния подсылки АРВ в периодический ремонт и УТО-2, отысканию оптимального пункта размещения депо и основного ПТО, снижению себестоимости производства, за счет концентрации ремонтных работ обеспечит повышение эффективности использования данного типа подвижного состава. Разработанный комплекс программ для ЕС ЭВМ позволяет значительно ускорить выполнение и повысить качество проектно-изыскательских работ по перспективному развитию базы технического обслуживания и ремонта рефрижераторного подвижного состава, что в конечном счете будет способствовать повышению провозной способности железных дорог и расширению их погрузочных ресурсов.

Реализация результатов работы

Результаты выполненных исследований приняты к использованию Государственным институтом проектирования и технико-экономических изысканий железнодорожного транспорта (ГИПРОТРАНСТЭИ) в проектно-изыскательских разработках по перспективному развитию базы технического обслуживания и ремонта рефрижераторного подвижного состава.

Апробация

Основные результаты исследований обсуждались и получили одобрение на XIII республиканской научно-технической конференции кафедр БелИИЖТа и ДорНТО Белорусской железной дороги "Повышение эффективности работы Белорусской железной дороги"

(г. Гомель, 1977 г.), XIУ республиканской научно-практической конференции кафедр БелИИЖТа и ДорНТО Белорусской железной дороги "Дальнейшее повышение эффективности работы Белорусской железной дороги" (г. Гомель, 1979 г.), на XU республиканской научно-практической конференции кафедр БелИИЖТа и ДорНТО Белорусской железной дороги "Перспективы развития Белорусской железной дороги" (г. Гомель, 1980 г.), на расширенном заседании технического совета службы вагонного хозяйства Львовской железной дороги (г. Львов, 1980 г.), на заседании сектора Украинского филиала Института комплексных транспортных проблем при Госплане СССР (г. Киев, 1980 г.), Диссертационная работа в целом докладывалась, обсуждалась и получала положительную оценку на заседаниях кафедр "Вагоны и вагонное хозяйство" БелИИЖТа (1979 и 1980 гг.), МИИТа (1981 г.), ДИИТа (1981 г.), на научно-техническом совещании отдела "Технических условий и норм" ГИПРОТРАНСТЭИ (г. Москва, 1980 г.), на научно-техническом совещании отделения вагонного хозяйства ВНИИЖТа (г. Москва, 1981 г.).)

Публикация

По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ.

Объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов и предложений, списка литературы. Текстовая часть работы (без приложения, списка литературы, таблиц и рисунков) изложена на 132 страницах машинописного текста. Работа содержит 16 рисунков, 30 таблиц, список использованной литературы из 116 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы и указываются основные направления исследований.

В первой главе дается общая постановка задачи, определяется цель и методы исследования. Автономные рефрижераторные вагоны приписываются к рефрижераторным депо, но эксплуатируются как универсальные грузовые вагоны. Данный подвижной состав после погрузки не возвращается в депо приписки, а следует под погрузку к ближайшему грузоотправителю по регулирующему заданию. После погрузки вагоны могут быть направлены грузополучателю расположенному на любой станции полигона

их эксплуатации, открытой для работы с данным типом подвижного состава.

Направление данных вагонов в плановый ремонт в депо производится в соответствии с установленным сроком раз в 1,5 года, а в УТО-2 в основные ПТО - 2-3 раза в год через каждые 460-800 ч. работы дизель-генераторных установок (ДГУ).

Для проведения этих ремонтов автономные вагоны в порожнем состоянии направляются в депо и основные ПТО с любых, в том числе с самых отдаленных, станций полигона эксплуатируемых.

Согласно исследований ВНИИЖТв для выполнения всех видов технического обслуживания и ремонта каждый АРВ инвентарного парка отвлекается от перевозок в среднем в течение 12,3% годового времени его использования. При чем значительная часть его затрачивается на проследование данного подвижного состава в пункты ремонта.

Это приводит к пробегам АРВ в порожнем состоянии на расстоянии до 1400 км.

Такие условия вызывают значительные затраты, связанные с перемещением АРВ в пункты ремонта и большим временем исключения их из рабочего парка.

Поэтому необходимо проведение дополнительных исследований позволяющих уменьшить порожний пробег, а следовательно и затраты, связанные с направлением данного подвижного состава в ремонт. Это приведет к значительному росту погрузочных ресурсов дорог и улучшению экономических показателей работы депо и основных ПТО.

Вопросы совершенствования эксплуатации рефрижераторного подвижного состава (РПС) получили развитие в трудах А.Л. Дюбо, В.В. Скрипкина, А.П. Леонтьева, Н.В. Демьянкова, М.Н. Тертерова, В.Ф. Крылова, В.Д. Ткачева, С.А. Саложникова, А.Г. Дуганова, В.Т. Баятина, И.П. Екимовского, А.Б. Каплана, В.М. Сальмана, Г.И. Осадчука, Е.Б. Скрипкиной, Л.И. Волковой и др.

Проведенные исследования, несмотря на их большую научную и практическую ценность, не касались задач, затрагиваемых при решении отмеченной проблемы.

Вместе с этим на показатели использования АРВ оказывает определенное влияние размещение ремонтной базы.

В настоящее время на сети железных дорог имеется ряд депо, к которым приписаны автономные вагоны. К данным депо прикрепляется также и групповой рефрижераторный подвижной

состав (ГРПС), отличающийся значительными конструктивными особенностями и технологией ремонта,

Программы ремонта АРВ в существующих депо незначительны, что отрицательно сказывается на величине себестоимости ремонта.

Узкая специализация рефрижераторных депо на ремонте АРВ открывает пути широкого применения новой, более совершенной техники, прогрессивной технологии и рациональной организации производства, внедрения поточных линий, комплексной механизации и автоматизации. При этом использование основных производственных фондов и качество ремонта возрастает.

Специализация депо на ремонте АРВ создаст необходимые предпосылки для дальнейшей концентрации ремонта данного подвижного состава и сократит потребность в вагонных депо.

Сокращение дальности посылки АРВ в периодический ремонт и УТО-2, снижение себестоимости ремонта данного подвижного состава, улучшение его технического состояния и увеличение погрузочных ресурсов дорог во многом зависит от научно-обоснованного размещения ремонтной базы.

Исследованию вопросов развития ремонтной базы вагонного хозяйства, планированию и организации ремонта вагонов посвящены работы А.А. Бродовского, Н.З. Криворучко, И.Ф. Скибы, В.И. Гридюшко, В.И. Безценного, В.П. Бугаева, Э.Б. Вальта, В.И. Чернова, А.Ф. Сафроновой, В.И. Сенько, Э.А. Лиоичкина и др.

Как правило, авторы излагают решение задачи выбора рациональной специализации депо и концентрации ремонта вагонов на предприятиях, расположенных в известных точках.

Д.т.н. проф. Нестеров Е.П. приводит два способа отыскания условного центра потребления, под которым понимается такой пункт, которому назначается суммарный для укрупнённого района объём потребления.

В первом способе методом экспертных оценок назначаются несколько конкурентоспособных пунктов для размещения предприятия с последующим проведением расчетов для выбора лучшего из них. Однако при этом не гарантируется нахождение оптимального пункта потребления.

Второй способ решения задачи позволяет определить координаты (\bar{x}, \bar{y}) условно о пункта потребления путем отыскания значений переменных минимизирующих функцию

$$f = \sum_{j=1}^n m_j r_j^2 \quad (1)$$

где τ_j - расстояние от j -й станции до центра потребления;
 Π_j - количество вагонов отправляемых в центр потребления с j -й станции.

Для достижения цели поставленной в реферируемой работе, требуется найти минимум функции $F = \sum \Pi_j \tau_j$, что делает невозможным применение описанного варианта решения задачи.

Инж. Э.Б. Вальт предлагает методику решения задачи оптимального размещения контрольных пунктов технического обслуживания АРВ, но не исследует вопроса размещения рефрижераторных депо и основных ПТО. В исследуемом варианте требуется решить задачу рационального размещения депо и основных ПТО АРВ по критерию минимизации приведенных затрат на ремонт.

В целом эффективность использования автономных вагонов может быть значительно повышена за счет сокращения времени нахождения их в неисправном состоянии, дальности подсылки в ремонт и снижения приведенных затрат на его выполнение.

Это может быть достигнуто путем совершенствования системы направления АРВ в ремонт и рационального размещения ремонтной базы.

Данные вопросы пока не нашли должного отражения в работах ученых и практиков.

Вторая глава посвящена разработке методики сбора и обработки статистических данных об использовании АРВ.

Организация сбора информации является важнейшей частью работы по определению закономерностей перемещений автономных вагонов на полигоне эксплуатации, выявления условий направления данного подвижного состава в деповской ремонт и УТО-2, расчету показателей его использования.

АРВ имеют значительную специфику в организации эксплуатации, связанную с производством технических обслуживаний и периодических ремонтов.

Для разработки мероприятий, обеспечивающих повышение эффективности их использования необходимо иметь сведения характеризующие: дальность подсылки данного подвижного состава в депо и основные ПТО для прохождения ремонта; величину пробега в груженом и порожнем состояниях; закономерности направления и получения порожних и груженых вагонов по станциям полигона обращения.

В качестве источников информации использовались данные форм ВУ-97 "Учет работы автономных рефрижераторных вагонов", ВУ-88

Журнал регистрации работ, технического осмотра и ремонта автономного рефрижераторного вагона".

Определение необходимого количества наблюдений производилось с полным учетом вариаций исследуемой величины.

Перечень станций, осуществляющих направление АРВ в УТО-2 и плановые виды ремонта, их количество, определялись на основании сведений дубликатов журналов ВУ-88 по каждому депо приписки этих вагонов.

Величина средневзвешенного пробега АРВ при направлении в депо приписки и основные ПТО с рассматриваемого полигона эксплуатации находилась по формуле

$$L_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^K L_{\text{ср}i} M_i}{\sum_{i=1}^K M_i}, \quad (2)$$

где $L_{\text{ср}i}$ — величина среднего пробега АРВ при направлении в i -е депо приписки и основной ПТО;

M_i — количество АРВ, направленных в i -е депо;

K — количество депо, имеющих приписку АРВ.

По проведенной методике собраны статистические данные о направлении АРВ в УТО-2 и периодические ремонты с каждой станции полигона эксплуатации в депо и основные ПТО, в течение установленного межремонтного периода.

Всего было собрано и обработано данных более чем по 20 тыс. вагоно-рейсам.

Полученные результаты были использованы для составления таблиц вероятностей, отражающих закономерности направлений и получений АРВ с учетом их состояния по станциям полигона эксплуатации.

Составление данных таблиц производилось в следующей последовательности: сбор исходной информации о грузоотправителях и грузополучателях; уточнение станций погрузки и выгрузки и приведение их к центрам соответствующих сетевых районов полигона обращения АРВ; определение количества вагонов, отправляемых с произвольной станции на каждую из станций полигона, расчет вероятностей; заполнение таблиц.

Для характеристики работы специального оборудования АРВ определялась средняя величина W_H наработки мото-часов ДГУ на 1 км. груженого пробега по формуле

$$W_H = \frac{\sum W}{\sum NS}, \quad (3)$$

где ΣW — суммарная наработка мото-часов дизель-генераторными установками АРВ за рассматриваемый межремонтный период

ΣNS — суммарная величина груженого пробега АРВ за этот же период.

Исходные данные для определения величины W брались из журналов формы ВУ-97.

Степень использования АРВ оценивалась коэффициентом порожнего пробега для определения которого использовались данные из журналов формы ВУ-97.

В результате проведенных исследований установлено:

— перемещения АРВ на существующем полигоне эксплуатации могут быть заданы и оценены таблицами вероятностей направлений и получений их в порожнем и груженом состояниях с рассматриваемой станции по станциям полигона эксплуатации;

— размещение депо приписки АРВ и основных ПТО в различных зонах полигона обращения эксплуатации приводит к значительной разнице величин среднего порожнего пробега их при направлении в периодический ремонт и УТО-2, который лежит в пределах 837–1396 км., а его средневзвешенное значение составляет 1145 км;

— наименьший порожний пробег АРВ, при направлении в ремонт, имеет место для депо, расположенного на ст. Георгиев-Дж Ю.-Вост. ж.д. и ниже его средневзвешенного значения на 27,2%.

Поэтому необходимо проведение исследований по совершенствованию системы направления АРВ в ремонт с полным учетом специфики их эксплуатации. Вместе с этим следует провести обоснование рационального размещения депо и основных ПТО. Это позволит существенно уменьшить расстояние подсылки данных вагонов в пункты ремонта и технического обслуживания.

Третья глава посвящена разработке мероприятий связанных с совершенствованием системы направления автономных рефрижераторных вагонов в УТО-2 и деповской ремонт.

Подробно излагается существующая система эксплуатации АРВ. Для проведения всех видов технического обслуживания данного подвижного состава, обеспечивающих работоспособность специального оборудования, на полигоне обращения создана развита база технического обслуживания и ремонта этих вагонов. Часть работ при этом, производится на широкой сети ПТО АРВ. Эти работы для своего выполнения не требуют значительных

дополнительных непроизводительных перемещений вагонов. Определенный же перечень наиболее сложных операций и ответственных работ производится в хорошо оснащенных основных ПТО АРВ и депо. Для проведения этих работ, автономные вагоны направляются в порожнем состоянии с любой станции полигона эксплуатации в депо приписки и основные ПТО, что приводит к большим непроизводительным пробегам.

Железная дорога представляет грузоотправителю технически исправный и подготовленный к перевозкам данный подвижной состав. При этом не учитывается соответствие величины наработки моторесурса специальным оборудованием АРВ и дальности их направления в груженом состоянии. Так же не производится увязка направления движения груженых вагонов с направления перемещения их, в случае подсылки в депо приписки, или основные ПТО для производства плановых ремонтов или УТО-2. Поэтому величина порожнего пробега вагонов при направлении в ремонт, значение которой определено в первой главе, весьма велика.

В связи с обеспечением АРВ крайне распыленных повагонных корреспонденций, в существующей системе их эксплуатации весьма несовершенна технология учета, формы и методы контроля за состоянием, дислокацией подвижного состава и эффективностью проводимых регулировочных мероприятий.

Для разработки методики направления АРВ в пункты планового ремонта и оценки их перемещения на полигоне используется машинная имитация движения вагонов. Подробно излагается методология проведения имитационных экспериментов.

При проведении имитационных экспериментов с моделями направления АРВ в периодические ремонты и осмотры используются методы оптимизации.

Разработана модель имитации перемещения АРВ на заданном полигоне с учетом специфики эксплуатации, а также направлений их в депо и основные ПТО, которая описывается следующими переменными и параметрами.

Выходные переменные

\bar{S} – среднее расстояние подсылки в деповской ремонт и УТО-2; W – средняя наработка мото-часов ДГУ автономных вагонов АРВ; L_r – средняя величина груженого пробега:

L_n – средняя величина порожнего пробега статистический ряд наработки мото-часов ДГУ вагонов при направлении в УТО-2;

λ - коэффициент порожнего пробега; P_{ji} - вероятности направления АРВ в депо (с j -й станции в i -е депо).

Входные переменные

p_{Qji} - вероятности направления груженых АРВ на станции полигона эксплуатации; p_{Qji} - вероятности направления порожних АРВ на станции полигона обращения; sR_i - расстояния между станциями рассматриваемого полигона; sK_{ji} - расстояния между станциями полигона эксплуатации и станциями размещения депо и основных ПТО.

Переменные управления

R - суммарная величина наработки мото-часов ДГУ вагона перед направлением в депо и основной ПТО; W' - наработка мото-часов дизель-генераторным оборудованием АРВ на 1 км. груженого пробега; $N\{ZAP_j\}$ - список станций, с которых запрещается направлять АРВ в депо и основные ПТО; Z - число циклов стохастического моделирования, соответствующее числу вагоно-рейсам АРВ.

Характеристика функционирования системы

$RAND_i$ - случайная величина, равномерно распределенная в интервале (0,1) равная вероятности отправления (получения) АРВ с рассматриваемой станции на ту или иную станцию полигона эксплуатации.

Сравнение полученных результатов с результатами обработки статистических данных по конкретным депо показали их хорошую сходимость, что свидетельствует об адекватности разработанной имитационной модели изучаемому реальному процессу перемещения АРВ на полигоне эксплуатации.

Моделирование на ЭВМ позволило установить для существующих условий эксплуатации, размеров полигона и правил направления АРВ в депо и основной ПТО, среднее расстояние подсылки в пункты их планового ремонта и УТО-2, подсчитать величину порожнего и груженого пробега, коэффициент порожнего пробега, закон распределения величины наработки мото-часов специальным оборудованием, определить перечень станций и предел наработки мото-часов дизель-генераторным оборудованием АРВ, при достижении которого нецелесообразно осуществлять направление их в ремонт с данных станций. Расчеты выполнены для всех депо, имеющих приписку данного подвижного состава (подробная блок-схема имитации перемещения

АРВ на полигоне эксплуатации приведена в работе).

В четвертой главе приводится методика определения оптимального пункта размещения депо и основного ПТО на полигоне обращения АРВ.

В качестве критерия оптимальности при решении данной задачи принимается достижение минимума приведенных затрат на ремонт данного подвижного состава.

$$E_{прив} = C(N) + T_p(N) + K_{ур} E_n = \min$$

где C — себестоимость депозского ремонта (УТО-2) АРВ, зависящая от величины программы депо (основного ПТО) N , руб.; $T_p(N)$ — удельные транспортные расходы по пересылке объектов ремонта со станций полигона в депо (основного ПТО), руб.; $K_{ур}$ — удельные капитальные вложения на реконструкцию существующего или строительство нового депо (основного ПТО), руб.; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Решение задачи для одного пункта упрощается, так как $N = \max$, и следовательно независимо от пункта размещения депо обеспечивается $C(N) = \min$. По рекомендациям ГИПРОТРАНСТЭИ принято $K_{ур}$ для наилучшего варианта постоянной величиной. Поэтому в такой постановке требуется найти пункт обеспечивающий $T_p(N) = \min$, что будет соответствовать получению $E_{прив} = \min$. Следовательно данный вариант постановки задачи сводится к отысканию условного центра потребления для которого $T_p(N) = \min$. Существующие методики его нахождения описаны во второй главе и не могут быть применены для решения данной задачи. Разработана двухэтапная методика решения задачи. На первом этапе решалась геометрическая задача определения координат условного центра потребления, когда связи между станциями заменялись прямыми их соединяющими. На втором этапе проводилось уточнение места его положения с учетом реальной схемы сети железных дорог.

Исходными данными решения задачи на первом этапе явились: перечень станций, осуществляющих направление АРВ в периодический ремонт и УТО-2; количество АРВ, направленных с каждой станции в пункт размещения депо и основы ПТО, расстояния между станциями полигона обращения.

В связи с тем, что затраты на подсылку АРВ в периодический ремонт к УТО-2 линейно зависят от расстояния, то в дан-

ной задаче определяется минимум функции

$$F = \sum_j r_j n_j \quad (4)$$

где r_j – расстояние от j -й станции до пункта размещения депо (основного ПТО); n_j – количество АРВ, направляемых с j -й станции в пункт расположения депо (основного ПТО).

Расстояние от j -й станции до пункта размещения депо (основного ПТО) определяется из выражения

$$r_j = \sqrt{(x - a_j)^2 + (y - b_j)^2} \quad (5)$$

где x, y – координаты оптимального пункта размещения депо (основного ПТО); a_j, b_j – координаты j -й станции полигона обращения АРВ.

Выполненные исследования позволили при решении данной задачи получить следующие условия для определения координат (x, y) условного центра потребления:

$$\sum_j \frac{r_j (x - a_j)}{\sqrt{(x - a_j)^2 + (y - b_j)^2}} = 0; \quad \sum_j \frac{r_j (y - b_j)}{\sqrt{(x - a_j)^2 + (y - b_j)^2}} = 0. \quad (6)$$

То есть, необходимо найти $\min F$, где B – область на плоскости.

Для решения этой задачи выбираем произвольные начальные значения (x^0, y^0) координат условного центра потребления. Затем строим последовательные приближения:

$$x^{i+1} = x^0 + \lambda^i v_1^i; \quad y^{i+1} = y^0 + \lambda^i v_2^i \quad (7)$$

Вектор (v_1^i, v_2^i) определяет направление i -ого шага отыскания условного центра потребления.

Величина шага определяется значением параметра λ^i .

Для применения метода градиентного спуска шаг итерации можем выбрать согласно условию

$$v_1^i = \frac{\partial F}{\partial x} (x^i, y^i); \quad v_2^i = \frac{\partial F}{\partial y} (x^i, y^i). \quad (8)$$

Оптимальная величина шага вычисляется по формуле

$$\lambda^i = \frac{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2}{\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + 2 \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} \frac{\partial F}{\partial x} \frac{\partial F}{\partial y} + \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2}. \quad (9)$$

где все производные определяются в точке с координатами $(x = x^l, y = y^l)$.

Подставляя значения ζ_j в формулу (4) находим частные производные

$$\frac{\partial F}{\partial x} = \sum_{j=1}^m \frac{n_j (x - a_j)}{\zeta_j}, \quad \frac{\partial F}{\partial y} = \sum_{j=1}^m \frac{n_j (y - b_j)}{\zeta_j}$$

Пусть $f_j = \zeta_j = \sqrt{(x - a_j)^2 + (y - b_j)^2}$, тогда функция $F = \sum_{j=1}^m f_j n_j$.
Находим частные производные функции f_j :

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_j}{\partial x} &= \frac{x - a_j}{\zeta_j}, \quad \frac{\partial f_j}{\partial y} = \frac{y - b_j}{\zeta_j}; & \frac{\partial^2 f_j}{\partial x^2} &= \frac{1}{\zeta_j} - \frac{(x - a_j)^2}{\zeta_j^3}, \\ \frac{\partial^2 f_j}{\partial y^2} &= \frac{1}{\zeta_j} - \frac{(y - b_j)^2}{\zeta_j^3}; & \frac{\partial^2 f_j}{\partial x \partial y} &= -\frac{(x - a_j)(y - b_j)}{\zeta_j^3} \end{aligned}$$

Вторые частные производные функции $F = \sum_{j=1}^m f_j n_j$ определим из выражений

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} &= \sum_{j=1}^m \frac{n_j}{\zeta_j} - \sum_{j=1}^m \frac{n_j (x - a_j)^2}{\zeta_j^3} = \sum_{j=1}^m \frac{n_j (y - b_j)^2}{\zeta_j^3} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} &= \sum_{j=1}^m \frac{n_j}{\zeta_j} - \sum_{j=1}^m \frac{n_j (y - b_j)^2}{\zeta_j^3} = \sum_{j=1}^m \frac{n_j (x - a_j)^2}{\zeta_j^3} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} &= -\sum_{j=1}^m \frac{n_j (x - a_j)(y - b_j)}{\zeta_j^3} \end{aligned}$$

Находим гессиан:

$$\begin{aligned} G(x, y) &= \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} \end{vmatrix} = \\ &= \sum_{j=1}^m \frac{n_j (x - a_j)^2}{\zeta_j^3} \sum_{j=1}^m \frac{n_j (y - b_j)^2}{\zeta_j^3} - \sum_{j=1}^m \frac{n_j^2 (x - a_j)^2 (y - b_j)^2}{\zeta_j^6}. \quad (10) \end{aligned}$$

Пусть

$$A_j = \frac{n_j (x - a_j)^2}{\zeta_j^3} > 0; \quad D_j = \frac{n_j (y - b_j)^2}{\zeta_j^3} > 0.$$

тогда $G(x, y) = \sum_{j=1}^m A_j \sum_{i=1}^n D_{ij} - \sum_{j=1}^m A_j D_{ij} - \sum_{j=1}^m A_j D_j > 0$.

Таким образом функция $F = \sum_{j=1}^m v_j z_j$ выпукла и имеет единственный минимум.

Обозначим

$$E_j = \frac{v_j (x - a_j)}{z_j}; \quad q_j = \frac{v_j (y - b_j)}{z_j},$$

получим

$$\lambda^k = \frac{(\sum E_j)^2 + (\sum q_j)^2}{\sum_{j=1}^m \frac{q_j^2}{v_j z_j} \left(\sum_{i=1}^n E_i\right)^2 - 2 \sum_{j=1}^m \frac{E_j q_j}{v_j z_j} - \sum_{j=1}^m E_j \sum_{i=1}^n q_i + \sum_{j=1}^m \frac{E_j}{z_j} \left(\sum_{i=1}^n q_i\right)^2} \quad (11)$$

Используя формулу (11), определяем непосредственно величину шагов $\lambda^1, \lambda^2, \dots, \lambda^k$ для нахождения координат оптимального пункта размещения депо (основного ПТО).

В результате выше приведенных преобразований доказана единственность решения задачи определения оптимального пункта размещения депо и основного ПТО.

На втором этапе методом градиентного спуска производится уточнение места положения центра потребления с использованием таблицы кратчайших расстояний между станциями полигона эксплуатации АРВ. Проведению практических расчетов показало, что на втором этапе за счет уточнения достигается уменьшение средневзвешенного пробега еще на 10%. Таким образом, получена методика эффективного определения размещения ремонтной базы АРВ. Решение данной задачи производилось на ЭВМ ЕС-1022 (блок-олема решения представлена в работе).

В реферируемой главе приводится также методика, алгоритм и программа определения на ЭВМ пунктов размещения депо (основных ПТО) специальных вагонов в случае отсутствия их приписки при организации ремонта в K предприятиях.

Математически задача определения оптимальных пунктов размещения депо и основных ПТО на полигоне обращения может быть представлена в виде

$$F = \sum_{i=1}^n (C_i + K_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m T_{ij} h_{ij} \rightarrow \min, \quad (12)$$

при следующих условиях:

$$\sum_{j=1,2,\dots,m} \pi_{ji} = \Pi ;$$

$$\sum_{i=1,2,\dots,K} M_i = \Pi ;$$

где C_i – себестоимость ремонта вагонов в i -м депо (основном ПТО); K_i – удельные дополнительные капитальные вложения в i -м депо (основном ПТО); T_{ji} – величина транспортных затрат при направлении вагона в ремонт в i -е депо с j -й станции; π_{ji} – количество вагонов, направленных в i -е депо с j -й станции; Π – потребность в ремонте рассматриваемого типа подвижного состава; M_i – программа ремонта i -ого депо (основного ПТО); K – общее количество предприятий, осуществляющих ремонт рассматриваемого типа подвижного состава; m – общее количество станций, осуществляющих направление вагонов в ремонт.

Величина себестоимости ремонта АРВ в каждом из депо (основном ПТО) определяется в зависимости от величины программы по формулам:

а) для деповского ремонта

$$C_{деп} = \frac{234200}{N_{деп}} + 694 ;$$

б) для УТО 2

$$C_{УТО-2} = \frac{110000}{N_{УТО-2}} + 120 .$$

Удельные капитальные вложения принимались аналогично вышеописанному варианту. Транспортные затраты определялись по величине пробега от станций осуществляющих направление АРВ в ремонт до пункта соответствующего центру потребления рассматриваемой части полигона обращения АРВ.

Решение данной задачи проведено с использованием метода градиентного спуска. На каждом шаге решения задачи использовался алгоритм описанный выше. Подробная блок-схема решения задачи представлена в работе.

Расчеты показали, что наилучшим является вариант размещения депо для ремонта АРВ на Московском ж.д. узле, в основных ПТО – при депо на Московском ж.д. узле и на станции Сивильниково Приднепровской ж.д.

В работе проанализировано изменение результатов при смещении места расположения депо от оптимального в северном, южном, западном и восточном направлениях. Приводятся графики

и таблицы, характеризующие относительное, по сравнению с оптимальным увеличение пробега АРВ для названных вариантов.

В пятой главе рассматривается практическое приложение результатов исследований и их экономическая эффективность.

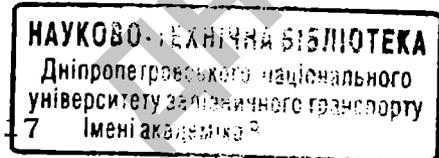
6698a

В результате моделирования на ЭВМ перемещения АРВ в процессе эксплуатации и анализа функционирования системы направления их в депо и основные ПТО, предложен вариант, позволяющий снизить на 40% дальность подсылки в периодический ремонт и УТО-2. Это сокращение достигается за счет целенаправленного выбора направления движения АРВ в грузеном состоянии, близкого или совпадающего с необходимым или требуемым направлениям движения в ремонтный пункт. Реализация данного предложения возможна при включении разработанной задачи в подсистему АСУЖТ "Рефрижератор". Рациональное размещение и концентрация ремонта АРВ в депо и основных ПТО, как показали расчеты, позволяют существенно уменьшить приведенные затраты на периодический ремонт и УТО-2 данного типа подвижного состава.

Рассмотрены конкурентно способные варианты, представляющие практический интерес.

Результаты выполненных исследований используются ГИПРОТРАНСТЭИ в проектно-изыскательских разработках по перспективному развитию базы технического обслуживания и ремонта рефрижераторного подвижного состава.

Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения вышперечисленных мероприятий составляет свыше 2,5 млн. руб.



ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В работе показано, что в настоящее время период пребывания АРВ в нерабочем парке достигает свыше 12% времени их использования, что в большой степени объясняется значительной дальностью посылки в периодические ремонты и технические обслуживания (УТО-2).

2. Установлено, что существующая система эксплуатации рефрижераторного подвижного состава не обеспечивает увязки направления и дальности отправки груженых АРВ с последующей плановой их посылкой в депо или основные ПТО для ремонта.

3. Разработан алгоритм и составлена программа для ЭВМ, моделирующая перемещение АРВ на заданном полигоне в процессе эксплуатации с учетом увязки планового направления их в деповской ремонт и УТО-2. Реализация предлагаемой системы направления АРВ на ремонтную базу, позволит на 40% сократить непроизводительный пробег и на 18% уменьшить время пребывания в нерабочем парке данного типа подвижного состава.

4. Выявлено, что размещение депо и основных ПТО оказывает существенное влияние на величину непроизводительного пробега АРВ при направлении в ремонт (УТО-2) и на время их нахождения в неисправном состоянии.

5. Предложена методика, алгоритм и программа решения на ЭВМ задачи отыскания оптимального пункта размещения депо и основного ПТО. Показано, что для действующего полигона обращения АРВ им является район Московского железнодорожного узла, а из существующих депо наиболее рационально размещено вагонное рефрижераторное депо на ст. Георгиу-Дж Юго-Восточной железной дороги.

6. Разработанная методика позволяет оптимизировать размещение депо и основного ПТО в случае расширения полигона обращения АРВ.

7. Годовой экономический эффект от внедрения разработанных предложений рационального размещения депо и основного ПТО для существующего полигона эксплуатации АРВ составляет около 2,5 млн. руб. Совершенствование организации направления АРВ в периодические ремонты и УТО-2 обеспечивает также сокращение непроизводительного пробега, уменьшает время нахождения данного подвижного состава в неисправном состоянии и увеличивает погрузочные ресурсы дорог.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. Трофименко А.Ф. Определение оптимальной величины программы существующих депо и заводов для ремонта рефрижераторных вагонов. – В кн.: Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта. Повышение эффективности работы Белорусской железной дороги: Тез. докл. Гомель, 1977, с. 57–58.

2. Трофименко А.Ф. Специализация существующих и размещение новых депо и заводов для ремонта рефрижераторных вагонов. – В кн.: Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта. Повышение эффективности работы Белорусской железной дороги: Тез. докл. Гомель, 1977, с. 60–61.

3. Трофименко А.Ф. Исследование эффективности размещения депо и основных пунктов технического обслуживания автономных рефрижераторных вагонов. – В кн.: Совершенствование технического обслуживания и ремонта вагонов. Межвузовский сборник научных статей. ISSN 0131-3967. Гомель. БелИИЖТ, 1978, с. 80–88.

4. Трофименко А.Ф. Размещение специализированных пунктов технического обслуживания автономных рефрижераторных вагонов на полигонах сети железных дорог. – В кн.: Совершенствование технического обслуживания и ремонта вагонов. Межвузовский сборник научных статей. ISSN 0131-3967. Гомель, БелИИЖТ, 1978, с. 93–95.

5. Трофименко А.Ф., Бугаев В.П. Методические основы разработки системы направления специальных вагонов в пункты их ремонта. – В кн.: Совершенствование технического обслуживания и ремонта вагонов. Межвузовский сборник научных статей. ISSN 0131-3967. Гомель, БелИИЖТ, 1979, с. 13–19.

6. Трофименко А.Ф. Перспективы и эффективность концентрации ремонта автономных рефрижераторных вагонов в депо. – В кн.: Совершенствование технического обслуживания и ремонта вагонов. Межвузовский сборник научных статей. ISSN 0131-3967. Гомель, БелИИЖТ, 1979, с. 31-34.

7. Трофименко А.Ф. Сокращение времени нахождения автономных рефрижераторных вагонов в неисправном состоянии – важный резерв повышения эффективности их использования. – В кн.: Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта. Дальнейшее повышение эффективности работы Белорусской железной дороги: Тез. докл. Гомель, 1979, с.14.

8. Трофименко А.Ф. Оптимальное размещение депо для ремонта автономных рефрижераторных вагонов. – В кн.: Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта. Дальнейшее повышение эффективности работы Белорусской железной дороги: Тез. докл. Гомель, 1979, с. 42.

9. Трофименко А.Ф. Алгоритм решения задачи нахождения оптимального пункта размещения депо для ремонта в автономных рефрижераторных вагонов. – В кн.: Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта. Перспективы развития Белорусской железной дороги: Тез. докл. Гомель, 1980, с.38-39.

10. Трофименко А.Ф. Совершенствование системы направления автономных рефрижераторных вагонов в депо и основные пункты технического обслуживания. – В кн.: Белорусский институт инженеров железнодорожного транспорта. Перспективы развития Белорусской железной дороги: Тез. докл. Гомель, 1980, с. 43-44.

11. Трофименко А.Ф. Рациональная концентрация ремонта автономных рефрижераторных вагонов в депо. Гомель, БелИИЖТ, 1980, с.7. Дел. рукопись. ЦНИИТЭИ МПС № 1117.

12. Трофименко А.Ф. Практическое руководство по эксплуатации и ремонту рефрижераторного подвижного состава. "Холодильная техника", 1980, № 6, с. 57.

13. Бугаев В.П., Трофименко А.Ф. К вопросу нахождения пунктов оптимального размещения вагоноремонтных предприятий. – В кн.: "Вопросы улучшения технического содержания вагонов и совершенствования ходовых частей". Межвузовский сборник. Вып. 212/6. Днепропетровск, 1980, с. 9-19.



Александр Федорович Трофименко

**Особенности эксплуатации автономных
рефрижераторных вагонов и организация
направления их в ремонт**

05.22.07 — Подвижной состав и тяга поездов

05.22.08 — Эксплуатация железнодорожного транспорта

Подписано к печати 23.03.83 г. АЗ 20208. Печ. лист. 1,25. Формат бумаги
60×84¹/₁₆. Бум. тип. № 1. Тираж 100 экз. Заказ 1175. Бесплатно.

Ротапр. типографии БелИИЖТа, 246022, г. Гомель, ул. Кирова, 34.

НТБ
ДНУЗТ