

Восточноукраинский государственный университет

На правах рукописи

Г У С Е В

Юрий Вячеславович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕКУЩЕГО  
СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Специальность 05.22.12 - Промышленный  
транспорт

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

ЛУГАНСК 1997



00750999 (\$)

- Диссертационная работа является работой, выполненной в Приазовском государственном техническом университете.
- Научный руководитель - кандидат технических наук  
профессор Парунакян  
Владимир Эмильевич
- Консультант - доктор технических наук  
профессор Губенко  
Владимир Константинович
- Официальные оппоненты - доктор технических наук  
профессор Даниленко  
Эдуард Иванович
- кандидат технических наук  
профессор Закорецкий  
Виталий Андреевич
- Ведущая организация - Мариупольский металлургический комбинат имени Ильича

Защита диссертации состоится "11" 09 1997г. на заседании специализированного совета Д 18.02.02 при Восточнoукраинском государственном университете по адресу: 348034, г. Луганск, квартал Молодежный, 20а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Восточнoукраинского государственного университета по адресу: 348034, г. Луганск, квартал Молодежный, 20а.

Автореферат разослан "5" 08 1997г.

Ученый секретарь  
специализированного  
совета Д 18.02.02  
доктор технических  
наук, профессор

Ульшин В.А.

Общая характеристика диссертационной работы, актуальность и степень исследования тематики диссертации.

Значительная роль в вопросе эффективности работы предприятий особенно металлургической и горнодобывающей промышленности принадлежит железнодорожному транспорту. На него приходится основная часть перевозок, в основном технологических. В последние годы осуществлялось техническое перевооружение ж.-д. транспорта за счет ввода более мощных локомотивов и вагонов повышенной грузоподъемности, интенсивного усиления конструкции верхнего строения ж.-д. путей. Вместе с этим, в настоящее время работа ж.-д. транспорта не в полной мере отвечает производственным требованиям. В первую очередь это связано с низкой эксплуатационной надежностью железнодорожных путей.

Так, количество сходов подвижного состава из-за неисправности пути на предприятиях растет и, на ряде предприятий, за последние 10 лет увеличилось вдвое и достигло 3-4 схода на 1 млн.т. Это приводит к простоям подвижного состава, требует дополнительных затрат на ремонт пути, и обуславливает необходимость резервирования технических средств транспорта для обеспечения ритмичной работы основного производства.

Приведенные данные свидетельствуют о несбалансированном развитии двух подсистем путевого хозяйства - ремонтных работ и текущего содержания. Несмотря на регулярное проведение капитального и среднего ремонтов в железнодорожном пути возникает, накапливается и интенсивно развивается значительное число локальных очагов различных неисправностей и дефектов, неравномерно распределенных на всей его протяженности. В этих условиях поддержание необходимого уровня технического состояния путей во все возрастающей мере стало зависеть от текущего содержания, которое функционально оказалось к этому не готовым, поскольку не было принято мер по совершенствованию его нормативной базы, форм и методов проведения.

Поэтому разработка и внедрение технических решений, направленных на совершенствование системы ведения путевого хозяйства, и в первую очередь текущего содержания, обеспечивающее существенное улучшение технического состояния железнодорожных путей, является в научном и прикладном отношении весьма актуальным.

Цель и основные задачи научного исследования.

Целью работы является разработка способов системного

обеспечения технического уровня железнодорожных путей для выполнения перевозок в производственных системах промышленных предприятий.

Задачи научных исследований:

1. Анализ работы железнодорожных путей в промышленно-транспортных комплексах.
2. Определение и исследование системных характеристик и закономерностей обеспечения технического уровня железнодорожных путей.
3. Экспериментальные исследования изменения функциональных свойств ж.-д. путей в процессе ремонтного цикла.
4. Обобщение и разработка методов построения ремонтного цикла и оптимального планирования путевых работ.
5. Разработка моделей, алгоритмов и методов решения прикладных задач системы текущего содержания и ж.-д. путей и их внедрение в производство.

Идея работы заключается в оптимизации планирования технического содержания ж.-д. путей по критерию минимума нереализованных объемов работ при ограниченных материальных, трудовых и финансовых ресурсах.

Обоснование теоретической и практической ценности исследования и его научной новизны.

На основе моделирования процесса функционирования системы содержания железнодорожного пути разработаны алгоритмы и решены задачи рационального построения ремонтных схем и распределения ресурсов на все виды работ технического содержания пути.

Практическая ценность работы заключается:

- в разработке инженерной методики рационального планирования комплекса работ технического содержания пути,
- в разработке технических предложений по совершенствованию диагностики верхнего строения пути,
- в разработке техпроцессов планово-предупредительных работ текущего содержания,
- в разработке организационной структуры путевого участка,
- в программной реализации математических зависимостей деградации ж.-д. путей промпредприятий.

Научная новизна исследований, состоит в том, что:

- применительно к условиям промпредприятий установлены зависимости деградации пути от объема перевозок, типа и характеристик подвижного состава, конструкции верхнего строения и условий эксплуатации пути, позволяющие определять объемы путевых работ;

•разработаны математические модели функционирования железнодорожных путей промышленных предприятий, на основе которых построена целевая функция и система ограничений модели динамического программирования для решения задачи оптимизации их ремонтного цикла.

#### Уровень реализации и внедрение научных разработок.

Научные положения и практические разработки переданы Магнитогорскому, Нижне-Тагильскому, Челябинскому, Донецкому, Мариупольскому (им.Ильича) и Макеевскому меткомбинатам, Южному и Соколовско-Сарбайскому ГОКа для использования в совершенствовании системы управления путевым хозяйством.

Методика и результаты исследования используются в отраслевых нормативных документах и учебном процессе.

Достоверность выполненной работы подтверждена производственными экспериментами и широкомасштабной промышленной проверкой на металлургических и горнорудных предприятиях Украины, России и Казахстана.

#### Апробация и публикация результатов научных исследований, структура и объем диссертационной работы.

Результаты исследований доложены и обсуждены на кафедре промышленного транспорта ШТУ, на научных конференциях ШТУ, а также на заседаниях технических советов железнодорожных цехов Мариупольского (им. Ильича) и Макеевского металлургических, Южного и Соколовско-Сарбайского горнообогатительных предприятий.

По теме диссертации опубликовано 12 работ.

Диссертация состоит из пяти глав и выводов, изложенных на 137 страницах машинописного текста, иллюстрированного 14 рисунками. Работа содержит 21 таблицу, список литературы из 126 наименований и 8 приложений.

Декларация конкретного личного вклада диссертанта в разработку научных результатов, которые выносятся на защиту.

Изучен и обобщен передовой опыт ведения путевого хозяйства, а также исследования направленные на совершенствование системы эксплуатационного обслуживания ж.-д. путей. Установлены зависимости объемов путевых работ от объема перевозок, типа и характеристик подвижного состава, конструкции верхнего строения и условий эксплуатации пути. Построена целевая функция и система ограничений модели динамического программирования для решения задачи оптимизации ремонтного цикла ж.-д путей. Разработаны инженерная методика планирования работ технического содер-

жания пути, технические предложения по совершенствованию диагностики верхнего строения пути, техпроцессы ППР текущего содержания пути, организационная структура путевого участка, алгоритмы и компьютерные программы для моделирования процесса функционирования пути.

На защиту выносятся:

- зависимости деградации пути от объема перевозок, типа и характеристик подвижного состава, конструкции верхнего строения и условий эксплуатации пути;

- оптимизационная модель формирования ремонтного цикла железнодорожных путей промышленных предприятий;

- критерий эффективности годового плана ремонтно-путевых работ;

- инженерная методика планирования работ технического содержания пути.

Характеристика методологии и методов исследования объекта.

Выявление недостатков существующей организации текущего содержания железнодорожных путей осуществлено посредством системного анализа. Основные параметры, влияющие на уровень технического состояния пути, установлены с применением многофакторного анализа. Для выявления закономерностей нарастания расстройств железнодорожных путей и установления их зависимости от условий эксплуатации проведены наблюдения, данные которых обрабатывались с использованием методов математической статистики.

Выбор оптимальной системы обслуживания железнодорожных путей в пределах ремонтного цикла осуществляется с использованием динамического программирования посредством моделирования многошагового процесса на ЭВМ.

Оптимизация комплекса ремонтно-путевых работ произведена методом линейного программирования. Для проверки эффективности внедрения выполненных разработок на предприятиях применен метод производственного эксперимента.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ВЫВОДОВ, ВЫТЕКАЮЩИХ ИЗ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.

В главе 1 приведены результаты исследования технического состояния железнодорожных путей промышленных предприятий и установлено, что несмотря на реализацию мер по техническому перевооружению путевого хозяйства и вложению значительных материальных и финансовых средств эксплуатационная надежность железнодорожных путей не отвечает производственным требованиям. Основным показателем характеризующим эксплуатационную надежность являются

сходы подвижного состава. Установлено, что доля сходов из-за неисправности пути в общем их количестве весьма высока (до 60%) и за последние годы не уменьшилась. Особенно неблагоприятно эти данные выглядят на фоне значительного сокращения объема перевозок. Так, по ряду металлургических комбинатов число сходов, отнесенных на 1 млн. т перевезенного груза увеличилось с 1,9 в 1989 году до 3,7 в 1995 году.

Подробный анализ показывает, что наибольшее количество сходов приходится на пути и станции, осуществляющие технологические перевозки и обслуживающее сталеплавильное (около 43%) и доменное (более 30%) производство. Доминирующими являются сходы из-за нарушения геометрических параметров колеи.

Преобладание неотложных и аварийных работ показало, что текущее содержание железнодорожных путей утратило планово-профилактическую основу и не выполняет своей главной задачи - обеспечение их исправного состояния непрерывно, на всем протяжении пути и создание наиболее благоприятного режима работы всех элементов верхнего строения. Это приводит к снижению уровня их надежности и к ухудшению технико-экономических показателей работы транспорта.

Исследования и разработка проблем связанных с совершенствованием системы ведения путевого хозяйства и в частности текущего содержания осуществляются практически всеми ж.д. компаниями мира. Для магистральных дорог в этом направлении выполнен большой объем исследований и охвачены все вопросы. В странах СНГ наиболее полно проблемы текущего содержания отражены в исследованиях ВНИИЖТ'а, ВЗИИТ'а, КИИТ'а, НИИИТ'а. Достаточно широкий круг вопросов исследован в работах Крейниса Э.Л., Филиппова В.М., Шульги В.Я., Кондакова Н.П., Яковлева В.Ф., Парунакяна В.Э., Гненного Н.В., Тихомирова В.И. Применение системной методологии к анализу сложных транспортных объектов рассматривается в работах Губенко В.К.

Обобщая опыт магистрального и промышленного железнодорожного транспорта в странах ближнего и дальнего зарубежья, можно отметить, что основное внимание в настоящее время уделяется планированию и выполнению планово-предупредительных работ текущего содержания и, особенно, сплошной выправке пути в продольном профиле, с максимальным снижением трудовых и материальных затрат на основе широкой механизации работ при обеспечении содержа-

ния пути в пределах технических нормативов.

В главе 2 для установления параметров в наибольшей мере влияющих на техническое состояние пути проведен многофакторный статистический анализ с обработкой данных статистической отчетности 39 предприятий Украины.

В качестве оценочного показателя принято число сходов подвижного состава, приходящееся на 1 км пути (приведенное число сходов -  $Y$ ), что идентифицируется с показателем их эксплуатационной надежности. В результате предварительной оценки отобраны 16 факторов, влияющих на число сходов подвижного состава, которые можно объединить в следующие группы:

а) эксплуатационно-технические - объем перевозок груза, грузонапряженность, осевая нагрузка;

б) конструктивные - удельный вес деревянных и железобетонных шпал, количество стрелочных переводов, удельный вес кривых участков и участков пути с уклоном;

в) ремонтно-эксплуатационные - объемы ремонта, а также объемы замены материалов верхнего строения пути;

г) технико-экономические - трудовые и стоимостные затраты на содержание железнодорожных путей, а также фондо- энерго- и механовооруженность.

Для определения тесноты связи между исследуемыми показателями вычислены парные коэффициенты корреляции. После исключения коллинеарных факторов была построена многофакторная модель

$$Y = 48.8 + 0.15X_5 - 0.06X_9 - 32.11X_{11} - 0.61X_{13} - 0.16X_{14} - 0.1X_{16}. \quad (1)$$

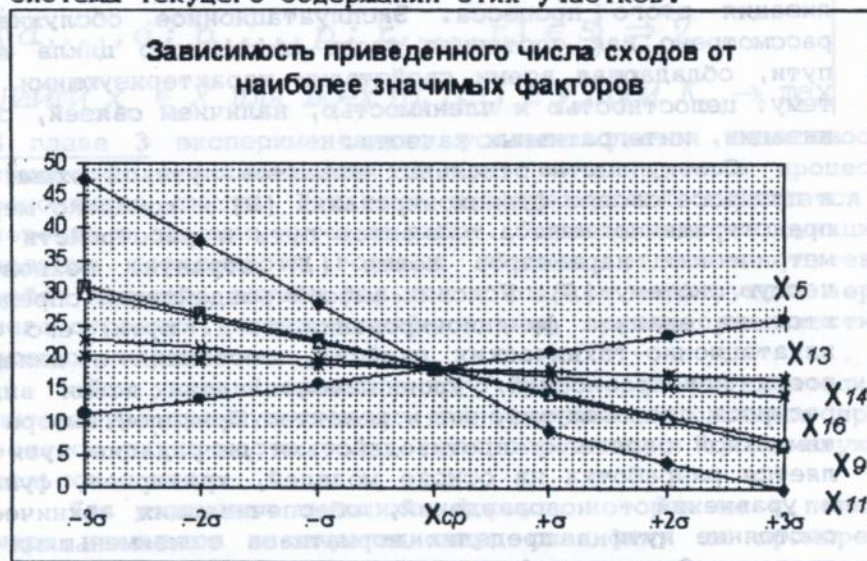
По уравнению регрессии (1) построен совмещенный график, в котором изображено семейство зависимостей  $Y$  от каждого из аргументов при изменении его в диапазоне от  $X_{ср.} - 3\sigma$  до  $X_{ср.} + 3\sigma$  и значениях остальных переменных на среднем уровне (рис. 1).

Установлено, что наиболее важное значение в проблеме снижения числа сходов или в повышении технического состояния ж.-д. путей предприятий имеет фактор приведенного числа путевых рабочих ( $X_{11}$ ), который можно рассматривать как величину фактических трудовых затрат приходящихся на текущее содержание 1 км пути.

Вторым по значимости фактором является энергонасыщенность путевого хозяйства ( $X_9$ ), которая в значительной мере характеризует существующий уровень механизации работ текущего содержания.

Высокая степень влияния факторов  $X_5$  (доля участков пути в кривой) и  $X_{16}$  (приведенный объем замены шпал на

этих участках) на число сходов подвижного состава связана: во-первых, с несоответствием традиционной конструкции верхнего строения кривых участков пути тяжелым условиям эксплуатации; во-вторых с низкой эффективностью системы текущего содержания этих участков.



- X<sub>5</sub> - удельный вес кривых участков в общей протяженности пути;
- X<sub>9</sub> - приведенная энергонасыщенность путевого хозяйства;
- X<sub>11</sub> - приведенная численность путевых рабочих;
- X<sub>13</sub> - доля участков пути, подвергающихся среднему ремонту;
- X<sub>14</sub> - доля участков пути, подвергающихся подъемочному ремонту;
- X<sub>16</sub> - приведенный объем замены шпал при всех видах путевых работ.

Рис. 1.

Существенно влияет на число сходов подвижного состава и доля промежуточных ремонтов в развернутой длине ж.-д. путей предприятий: среднего ( $X_{13}$ ) и подъемочного ( $X_{14}$ ).

Данные анализа показывают, что определяющими для поддержания железнодорожных путей в технически исправном состоянии и снижения числа сходов являются оздоровительные работы: средний и подъемочный ремонты и плано-предупредительные работы (ППР) текущего содержания.

Таким образом, наибольшая эффективность может быть достигнута при представлении технического содержания пути, как единой системы, включающей ремонты и текущее содержание. При этом текущее содержание следует рассматри-

вать как самостоятельный процесс по реализации комплекса мероприятий, противодействующих деградации пути в период между капитальными ремонтами пути.

Для поиска эффективных методов эксплуатационного обслуживания ж.-д. путей предприятий произведена формализация этого процесса. Эксплуатационное обслуживание рассмотрено как составная часть жизненного цикла ж.-д. пути, обладающая всеми свойствами характеризующими систему: целостностью и членимостью, наличием связей, организации, интегративных качеств.

Совокупность отдельных объектов путевой схемы (А) в процессе своего функционирования (В) и комплекс мер по предотвращению износа элементов пути и расстройств геометрических параметров колеи (Г) образует технологическую систему (S). Условия выбора воздействий определяются из анализа функционирования ж.-д. пути; его эксплуатационно-технических свойств, состояния и динамики роста неисправностей; уровня обеспечения всеми видами ресурсов для обслуживания и ремонта. Правилком выбора оптимальной стратегии противодействия деградации пути является разработка на основе моделей, критериев, функций и уравнений - нововведений, обеспечивающих техническое состояние пути в пределах нормативов с наименьшими затратами. Основными функциональными звеньями системы технического содержания железнодорожного пути являются: диагностика состояния ж.-д. путей (D), планирование путевых работ (P) и их выполнение (R). Для оценки интегративных свойств системы используется функция готовности -  $K_r$ , определяемая за период ремонтного цикла.

С помощью декомпозиции осуществляется переход к обособленным задачам, каждая из которых исходит из единой целевой установки - обеспечить необходимый уровень технической готовности. Комплекс этих задач составляет определенную технологическую версию -  $V_2$ .

С учетом сформулированных условий и ограничений находятся такие решения -  $X_v$ , принадлежащие области решений X, которые для элементов системы, составляющих версию, обеспечивают требуемый уровень технического состояния пути.

На этой основе осуществлена постановка задач исследования, формализованная запись которой имеет вид

$$S \Leftrightarrow \langle A, \{\rho_\beta\} \beta \in B, \{f_i\} i \in I \rangle$$

$$\exists S \Leftrightarrow (u_s > 0; w_{r,s} > w_{r',s}; H(S) < H(F))$$

$$\{(d_1, \dots, d_n; p_1, \dots, p_m; r_1, \dots, r_k) \in S\} \Rightarrow V_s$$

Найти  $x_r \in X$  для всех  $(d, p, r) \in V_s$ , при  $K_r \rightarrow \max$

В главе 3 экспериментально устанавливаются зависимости изменения функциональных свойств ж.-д. пути в процессе ремонтного цикла. Развитие неисправностей выражается в перечне и объемах путевых работ. Устанавливаются функциональные зависимости годовых объемов отдельных путевых работ и сроков службы рельсов и шпал от конструкции верхнего строения, плана и профиля пути, грузонапряженности и осевых нагрузок.

Для условий промышленного транспорта в технической литературе преимущественно для укрупненных расчетов приводятся зависимости только для определения срока службы рельсов и шпал.

Для уточнения имеющихся формул, которые не в полной мере учитывают эксплуатационную специфику на промпредприятиях на 30 опытных участках пути, в течение ремонтного цикла были проведены инструментальные замеры износа элементов и величины расстройств геометрических параметров колеи. Одновременно фиксировались выполняемые путевые работы: смена рельсов и шпал, выправка и рихтовка пути, перешивка колеи, регулировка стыковых зазоров.

По результатам обработки массива статистических данных уточнены известные зависимости и введены дополнительные коэффициенты, которые более полно учитывают особенности эксплуатационных условий.

Срок службы рельсов рассчитывается по формуле в большей мере учитывающей влияние неблагоприятных воздействий окружающей среды

$$T = \frac{1}{\left( \frac{k_{\text{ис}} \cdot k_{\text{сп}} \cdot \Gamma \cdot \prod_i k_i}{\omega} + \frac{\prod_j k_j}{T_p^n} \right)} \quad (2)$$

где  $T$  - средний срок службы, лет;  $\omega$  - допускаемая площадь износа поперечного сечения головки рельса, мм<sup>2</sup>;  $k_{\text{ис}}$  - коэффициент, учитывающий интенсивность износа рель-

сов от поездов для базового варианта, характеристики обрабатываемых по пути поездов и уклон трассы;  $k_{кр}$  - коэффициент, учитывающий кривизну участка пути;  $\Gamma$  - грузонапряженность участка пути, млн. т в год;  $k_2$  - поправочные коэффициенты, учитывающие тип рельсов, длину и его термупрочнение, вид балласта, тип и эпоху шпал, план пути и режим движения поездов, скорость движения и осевые на-

грузки, лубрикацию рельсов;  $T_p^n$  - средний нормативный срок службы рельсов по коррозии при типе верхнего строения пути и условиях эксплуатации принятых за "эталон";  $k_3$  - поправочные коэффициенты, учитывающие влияние климата, агрессивной среды, засыпаемость путей.

Годовой объем смены шпал в отличие от традиционного способа определяется для случая, когда при эксплуатации пришедшие в негодность шпалы заменяются старогодными и только при капитальном ремонте укладываются новые шпалы в количестве определяемом ремонтными нормативами.

$$H_i = \frac{N_p}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-i)^2}{2\sigma^2}} + \frac{N_s - N_p}{t} \cdot k, \quad (3)$$

где  $N_s$  - эпоха шпал, шт/км;  $N_p$  - количество новых шпал, укладываемых в путь при капитальном ремонте, шт/км;  $t$  - средний срок службы шпал в рассматриваемых условиях, лет;  $\sigma$  - показатель, характеризующий отклонения срока службы от среднего значения (различается для деревянных шпал и железобетонных)

$$\sigma_d = \frac{t}{2,6 + 0,2t}, \quad \sigma_{жб} = \frac{t}{4 + 0,4t};$$

$$k = \begin{cases} \frac{100/P_s - 1}{2 \cdot t} \cdot (i - 1), \text{ при } i \leq \frac{2 \cdot t \cdot P_s}{100 - P_s} + 1, \\ 1, \text{ при } i > \frac{2 \cdot t \cdot P_s}{100 - P_s} + 1. \end{cases} \quad (4)$$

где  $P_s$  - процент негодных шпал установленных при дефектации, %.

Годовой объем выправки пути в плане и профиле, перешивки колеи и регулировки зазоров рассчитывается по известной методике профессора Кондакова Н.П., с учетом

специфических особенностей условий эксплуатации промышленного транспорта. Дополнительный коэффициент, учитывающий это влияние повышенной нагрузки, получен после обработки имеющегося статистического массива и определяется формулой

$$k_q = \frac{Q \cdot (100 - Q)}{1070}, \quad (5)$$

где  $Q$  - нагрузка на ось подвижного состава, т.

Формула значений поправочного коэффициента, учитывающего уклон трассы, получена на основе статистических данных о фактических объемах выправки и рихтовки на опытных участках

$$k_i^B = 1 + 0,01 \cdot \left(\frac{i}{10}\right)^3, \quad (6)$$

где  $i$  - величина уклона, промилль.

Зависимость объема рассматриваемых работ от кривизны участка учитывается коэффициентом -  $k_R$ . В общем виде этот коэффициент описывается формулой

$$k_R = 1 + \frac{A}{R}, \quad (7)$$

где  $R$  - радиус кривой, м;  $A$  - параметр, зависящий от типа подвижного состава и вида работ.

С целью формирования перечня видов ППР для условий промтранспорта по полученным зависимостям были выполнены расчеты годовых объемов основных работ за период ремонтного цикла. По их результатам плано-предупредительные работы текущего содержания пути с деревянными шпалами разделены на три типа: ППР-3 служит для сплошного оздоровления пути, ППР-2 - для устранения очагов неисправности пути, ППР-1 - для устранения отступлений от норм содержания пути в плане и профиле при исправных элементах верхнего строения.

На путях с железобетонными шпалами в период между капитальными ремонтами при необходимости осуществляется сплошная смена рельсов, а также комплекс выправочно-подбивочных работ с подтягиванием гаек клеммных и закладных болтов (ППР-1).

В главе 4 разработаны научно-методические основы обеспечения технического уровня железнодорожных путей.

Основным в системе эксплуатационного обслуживания является нахождение оптимального сочетания возможных управляющих воздействий за весь период ремонтного цикла пути. В этой связи в качестве первоочередной была разра-

ботана методика оптимального планирования эксплуатационных путевых работ между капитальными ремонтами пути.

Для условий магистральных железных дорог такая задача с использованием динамического программирования решена профессором Тихомировым В.И. Применительно к путевому хозяйству промышленного транспорта данный вопрос недостаточно исследован, в связи с чем не доработаны и действующие ремонтные нормативы.

На основе алгоритма динамического программирования использован новый подход к построению целевой функции и системы ограничений, при котором в качестве функциональных уравнений реализации процесса деградации пути во все годы между капитальными ремонтами используются выведенные в главе 3 зависимости объемов путевых работ от пропущенного тоннажа с учетом конструкции пути и условий эксплуатации -  $\varphi(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Функции управления строились исходя из трех вариантов воздействия на путь -  $V$ : выполнение выборочных работ (устраняются острodefектные нарушения угрожающие безопасности движения поездов) -  $V = 1$ ; выполнение работ по сплошному оздоровлению пути (промежуточные ремонты и плано-предупредительные работы текущего содержания - ППР): с выборочной заменой шпал -  $V = 2$ , со сплошной заменой шпал -  $V = 3$ .

Решение поставленной задачи состоит в том, чтобы на каждый год ( $i$ ) ремонтного цикла найти значения  $V_i$ , для которых суммарные затраты в течение ремонтного цикла минимальны

$$\sum_i C_{i,j}(U_{i,j}) \rightarrow \min \quad (8)$$

при следующей системе ограничений

$$\begin{cases} L_{0j} = 0; \\ L_{ij} = L_{i-1j} + P_{ij} - U_{ij}; \\ P_{ij} = \varphi_j(i, x_1, x_2, \dots, x_n). \end{cases} \quad (9)$$

$$U_{ij} = \begin{cases} (L_{i-1j} + P_{ij})^2 / M_j, \text{ если } V_i = 0 \text{ или } (V_i < 2 \text{ и } j = 1); \\ L_{i-1j} + P_{ij}, \text{ если } V_i = 2 \text{ или } (V_i > 0 \text{ и } j > 1). \end{cases}$$

где  $P_{ij}$  - объем  $j$ -й работы ( $j=1$  - смена шпал,  $j>1$  - работы по устранению отклонений геометрических параметров колеи) в  $i$ -м году,  $L_{ij}$  - объем оставшийся на конец

года,  $M_j$  - максимально возможный объем.

Выполненные исследования и разработанные модели позволили установить для всех категорий пути промпредприятий регламент путевых работ в межремонтном цикле (рис. 2), то есть создать нормативную базу для ведения текущего содержания ж.-д. путей. Сравнение расчетных и фактических параметров ремонтных циклов для условий меткомбината им. Ильича подтвердило достоверность предложенной расчетной модели.

Для выполнения установленных ремонтным циклом комплекса путевых работ требуется определенный объем ресурсов. При ограничениях хотя бы в одном из них возникает проблема оптимизации плана работ. В качестве критерия оптимальности годового плана ремонтно-путевых работ принимается интегральный показатель - величина невыполненных объемов работ по устранению выявленных неисправностей. Она выражается через суммарные трудовозатраты на выполнение этих работ немеханизированным способом, то есть показателем трудового эквивалента. Оптимальный план определяется из условия минимизации разности между требуемым и фактическим значением показателя трудового эквивалента.

Математическая модель оптимизации имеет вид

$$\begin{cases} \sum_j A_{mj} \cdot \sum_i \sum_k X_{ijk} < A_{m0} \text{ (при\_всех\_m)} \\ \sum_j \sum_k G_{jk} \cdot \sum_i X_{ijk} < G_{10} \text{ (при\_всех\_l)} \\ \sum_j \sum_k B_{jk} \cdot \sum_i X_{ijk} < B_0 \\ \sum_j \sum_k D_{jk} \cdot \sum_i X_{ijk} < D_0 \end{cases} \quad (10)$$

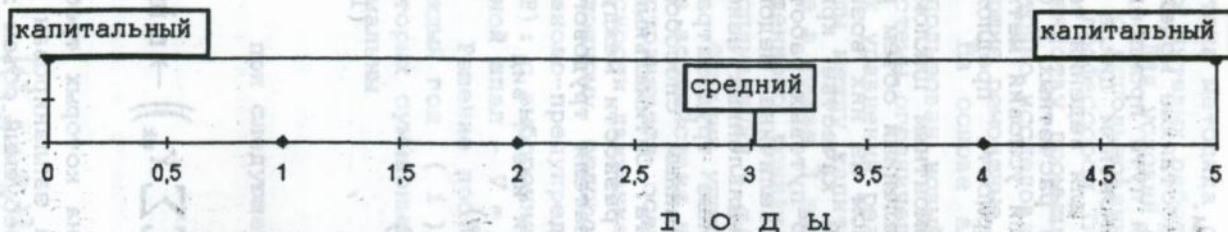
$$Z = \sum \left( \sum C_{ij} \cdot \sum X_{ijk} + C_{10} \cdot \left( V_i - \sum \sum X_{ijk} \right) \right) \rightarrow \min$$

где  $X_{ijk}$  - протяженность путей, на которых требуется выполнить  $i$  - вид ремонта (работ), а запланирован  $j$  - й по  $k$ -й технологической схеме,  $V_i$  - требуемый объем  $i$  - го вида ремонта;  $A_{mj}$ ,  $A_{m0}$  - удельный расход  $m$  - го материала верхнего строения на  $j$ -м виде ремонта и его наличие;

Структура ремонтного цикла и изменение состояния пути в этот период

(категория П1.1, рельсы Р75, шпалы деревянные, кривая радиусом 250 м, уклон 3-6‰)

а) нормативный ремонтный цикл



б) расчетный ремонтный цикл для пути на площадке

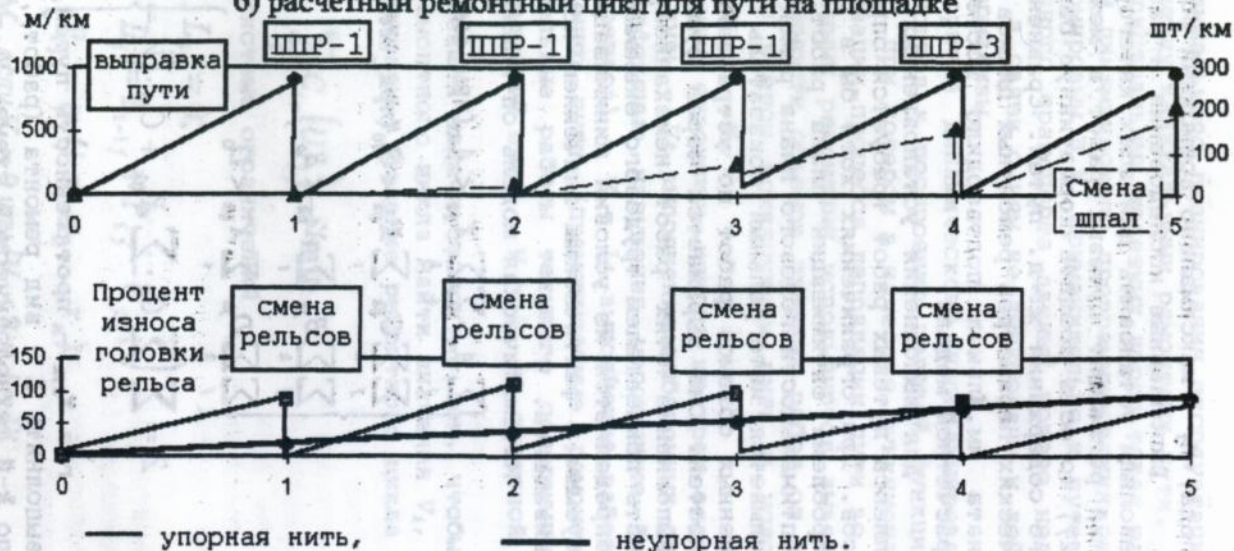


Рис. 2

$D_{jk}$ ,  $D_0$  - удельные трудозатраты на выполнение  $j$  - го вида ремонта по  $k$  - й технологической схеме и их наличие;  $G_{1jk}$ ,  $G_{10}$  - удельные затраты машинного времени  $l$  - й путевой машины на выполнение  $j$  - го вида ремонта по  $k$  - технологической схеме и ресурс машинного времени;  $B_{jk}$ ,  $B_0$  - удельные денежные затраты на выполнение  $j$  - го вида ремонта по  $k$  - й технологической схеме и возможности финансирования;  $C_{ij}$  - "трудовой эквивалент" при замене  $i$  - го вида ремонта  $j$  - м.

Для практического использования предлагаемого метода годового планирования путевых работ, с учетом фактического состояния пути и наличия ресурсов, разработана инженерная методика, составлена блок-схема расчета (рис. 3), отдельные фрагменты которой реализованы в виде программ на языке Паскаль. Инженерная методика передана ряду металлургических предприятий.

В главе 5 приводятся материалы по обоснованию, разработке и промышленной проверке инженерных решений по совершенствованию системы текущего содержания ж.-д. путей. Эксплуатационное обслуживание железнодорожных путей включает информационное обеспечение, технологические процессы выполнения ППР текущего содержания и организационную структуру, позволяющую наилучшим образом выполнять все функции.

Специфические условия промышленного транспорта не позволяют использовать для получения подробной информации о техническом состоянии пути технические средства и методы диагностики применяемые на магистральных дорогах.

По результатам исследований разработан и создан путеизмеритель для ж.-д. путей промышленных предприятий, который характеризуется: реальной осевой нагрузкой, электромеханической системой измерений с контактными датчиками и фиксацией результатов измерений на магнитный и бумажный носители. Параметры и погрешность измерений: -ширина колеи 1505 - 1575 ( $\pm 1,0$ )мм, -уровень  $\pm 150$  ( $\pm 1,5$ )мм, -рихтовка (стрела на базе 10м)  $\pm 200$  ( $\pm 1,0$ )мм.

С целью использования ЭВМ для прогнозирования развития неисправностей и планирования путевых работ предусматривается возможность представления результатов измерений в сжатой числовой форме.

Для постоянного отслеживания технического состояния пути предложена, апробирована и принята в качестве нормативной система оценочных показателей, основанная на определении доли протяженности пути, имеющей одну из

### Блок-схема алгоритма составления годового плана ремонта и ППР текущего содержания железнодорожного пути

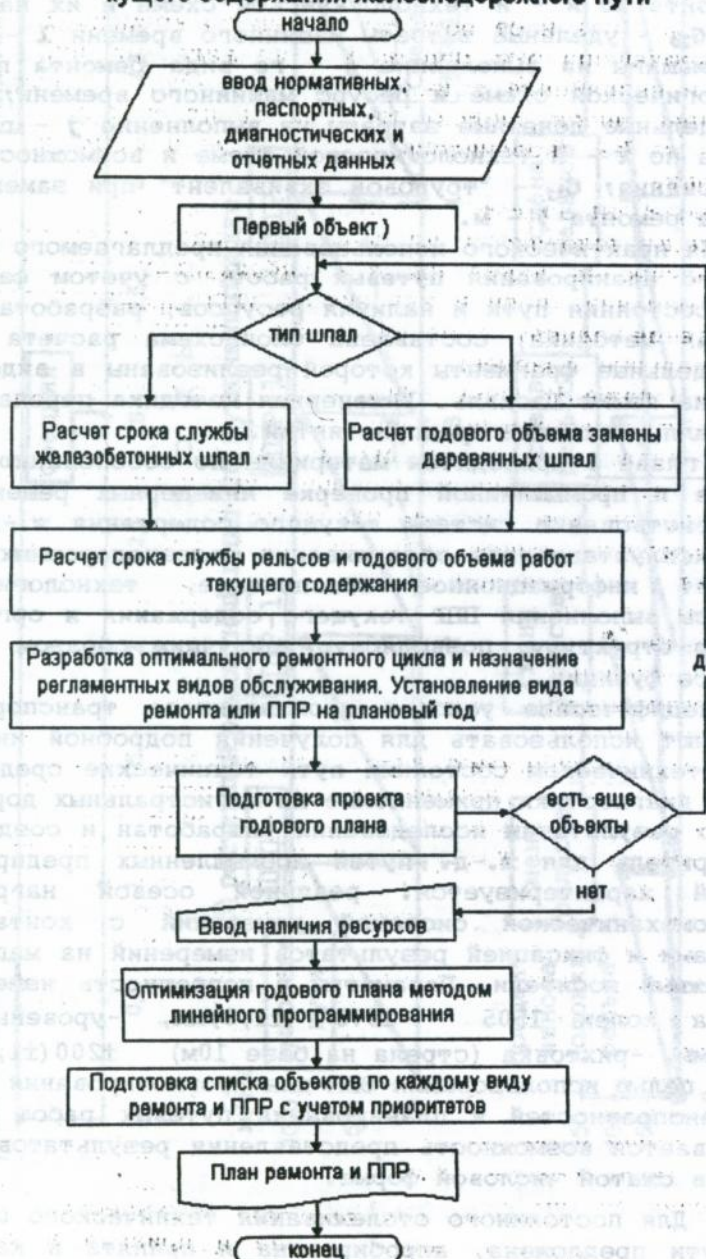


Рис. 3.

степеней неисправности: 1 степень - отступление от норм содержания, установленных ПТЭ, наличие которых не создает угрозу безопасности движения, но ведет к интенсивному накоплению деформаций пути; 2 степень - сверхнормативные отступления, создающие угрозу безопасности движения.

С целью существенного увеличения объемов ППР текущего содержания пути разработаны, апробированы и внедрены технологические процессы на основе механизации работ, которые при использовании существующей путевой техники вдвое увеличивают производительность труда, а уровень механизации работ на текущем содержании с 2-5 % до 40-50 %, сокращают общую стоимость их выполнения.

Для достижения максимального эффекта от реализации технических решений предлагается новая организационная структура путевого участка, действующая в рамках существующей схемы путевых подразделений и не требующая увеличения общей численности. Это достигается за счет формирования механизированных бригад для выполнения ППР и группы контроля пути.

В качестве критерия эффективности управления текущим содержанием предложен минимум уровня информационного запаздывания, оценивающий величину задержки появления управляющих воздействий из-за структурных ограничений. В соответствии с указанным показателем уровень информационного запаздывания для новой организационной структуры снижается на 36%, что позволяет повысить эффективность оперативного управления.

Промышленная проверка системы эксплуатационного обслуживания железнодорожных путей в целом и основных ее функциональных составляющих проводилась в конкретных условиях металлургических и горнодобывающих предприятий на Джном ГОКе (1990г.), Соколовско-Сарбайском ГОКе (1991 г.), на меткомбинатах им. Ильича (1992 г.) и макевском (1994г.). Сравнение расчетных и фактических показателей системы эксплуатационного обслуживания (объемы работ, затраты ресурсов, сроки выполнения и др.) показало их сходимость в пределах 90-95%.

Годовой экономический эффект от внедрения новой системы текущего содержания железнодорожных путей достигается за счет: сокращения затрат на ремонты ж.-д. пути, что связано с увеличением объемов оздоровительных работ в 2,5-3 раза; уменьшения затрат на ликвидацию последствий сходов в 1,7-2,2 раза и экономии на условно-постоянной части затрат на его эксплуатацию и может быть

представлен следующей экономико-математической моделью

$$\Xi = (C_1 - C_2) + \frac{(T_1 - T_2) + (k_1 + k_2)}{T_1} \cdot P_1 \cdot N_1 \cdot C_1 \cdot k_1 + (M_1 - M_2) + (z_1 - z_2) - E \cdot K \cdot \quad (11)$$

По предложенной методике дана технико-экономическая оценка внедрения предлагаемой системы текущего содержания на Соколовско-Сарбайском ГОКе, Южном ГОКе и Мариупольском меткомбинате им. Ильича. Годовой экономический эффект составил: в 1987 и 1988г.г. - по 68 тыс. руб., в 1989 г. - 36,4 тыс руб., в 1993 г. - 8895 млн. крб., в 1994 г. - 5705 млн. крб.

#### Заключение.

В диссертации решается актуальная научная задача совершенствования системы текущего содержания ж.-д. путей. По результатам исследований можно сделать следующие выводы.

1. Установлено, что несмотря на техническое перевооружение путевого хозяйства и вложение значительных материальных и финансовых средств, обеспечивающих существенное повышение прочностных параметров ж.-д. пути, их эксплуатационная надежность не отвечает производственным требованиям из-за достаточно большого числа сходов, что приводит к сбоям в работе транспорта и осложняет работу производственных агрегатов. Главной причиной создавшегося положения является существенное ослабление внимания и снижения роли эксплуатационного обслуживания ж.-д. путей, что привело к утрате плано-профилактического принципа работ текущего содержания, значительному увеличению доли ручного труда, несоответствию ремонтных нормативов и организационной структуры изменившимся условиям. В ближайшей перспективе одним из основных вопросов повышения эффективности системы ведения путевого хозяйства предприятий становится совершенствование системы текущего содержания ж.-д. путей.

2. Установлено, что факторами наиболее влияющими на техническое состояние пути являются: сокращение численности эксплуатационных путевых подразделений, приведшее к значительному недоделанию труда в поддержание пути в технически исправном состоянии, низкий уровень оснащенности путевого хозяйства необходимой техникой, не обеспечивающий выполнение достаточных объемов работ текущего содержания, а также крайне ограниченные объемы выполнения промежуточных ремонтов. Установлено также, что наибольшая эффективность может быть достигнута только при рассмотрении технического содержания ж.-д. путей, как

единой системы, включающей ремонты и текущее содержание, представляющее собой целенаправленный процесс, противодействующий деградации пути в период между капитальными ремонтами пути.

3.С целью дополнения ремонтной структуры работами текущего содержания получены зависимости деградации элементов пути от воздействующих нагрузок применительно к специфическим условиям предприятий. В расчетах сроков службы рельсов дополнительно учитывается воздействие факторов окружающей среды; при расчете годового объема смены шпал учитываются случаи, когда в процессе эксплуатации пришедшие в негодность шпалы заменяются не новыми, а старогодными. Установлены коэффициенты, отражающие влияние осевых нагрузок, уклонов и кривых малого радиуса при определении годового объема работ текущего содержания пути.

4.Для всех категорий пути промпредприятий установлена структура всех видов путевых работ в межремонтном цикле, что представляет собой нормативную базу для выполнения эксплуатационного обслуживания ж.-д. путей с дифференциацией работ по их назначению и содержанию. Указанные нормативы создают основу для годового и перспективного планирования всего комплекса работ технического содержания ж.-д. пути.

5.В основу методики годового планирования комплекса ремонтно-путевых работ положено следующее: осуществляется наборка объектов путевой схемы (участки пути и стрелочные переводы) исходя из их фактического состояния и определяется общая потребность в ресурсах; учитывая существующие ограничения по ресурсам, производится оптимизация плана по критерию минимума нереализованных объемов работ, выраженных через трудовые затраты на их выполнение немеханизированным способом (трудовой эквивалент).

Указанный алгоритм реализован в виде инженерной методики, которая одобрена и принята предприятиями для практического использования.

6.Для практической реализации предложенной системы разработаны: методы и технические средства диагностики и способ оценки технического состояния ж.-д. путей; методика составления плана ремонтно-путевых работ; технологические процессы выполнения ППР текущего содержания на основе широкой механизации работ; а также организационная структура путевого участка, действующая в рамках существующей линейных подразделений. Переход на новую сис-

тому текущего содержания осуществляется без увеличения численности эксплуатационного персонала.

7. Промышленная проверка и последующее внедрение всего комплекса разработок объединенных в рамках новой системы текущего содержания железнодорожных путей осуществлены на Соколовско-Сорбайском ГОКе, Джном ГОКе, Мариупольском им. Ильича и Макеевском меткомбинатах. При этом получены следующие результаты: объем ППР текущего содержания увеличивается в 2,5-3 раза, достигая 60-75 % протяженности пути, уровень механизации работ на текущем содержании возрастает с 2-5 % до 40-50 %, а достигаемое при этом улучшение технического состояния путей позволило сократить количество сходов в 1,7-2,2 раза.

Годовой экономический эффект составляет для предприятия с развернутой длиной ж.-д. путей около 300 км в среднем 50-60 тыс. грн.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Парунакян В.Э., Гусев Д.В. Метод построения надежной модели производственного процесса для планирования и управления ремонтно-путевыми работами. Сб. "Совершенствование организации труда работников ж.-д. транспорта". Под ред. Дашкевича А.Б. - Челябинск. - Джно-Уральское кн. изд.-во, - 1976. - С. 139-150.

2. Парунакян В.Э., Гусев Д.В., Марфин М.А., Конаков А.Н. Совершенствование системы ведения путевого хозяйства на железнодорожном транспорте Магнитогорского металлургического комбината. /Экспресс-информация ЦНИИЧермет. - 1978. - 24. - №1. - 36 с.

3. Марфин М.А., Гусев Д.В., Парунакян В.Э. Сетевые графики при ремонте путей. // Промышленный транспорт. № 4. М.: Транспорт, 1978. - С. 12-13.

4. Парунакян В.Э., Гусев Д.В., Мокрушин Г.П. Методика расчета уровня механизации путевых работ на промышленном транспорте предприятий черной металлургии. /В сб.: Механизация основных и вспомогательных производств в черной металлургии. М.: Металлургия, 1984. - С. 47-49.

5. Авт. свид. 1131958 /СССР/. Машина циклического действия для путевых работ // Парунакян В.Э., Гусев Д.В., Мокрушин Г.П., Чарфас С.Р. и др. Опубл. в Б.И. № 48, 30.12.1984.

6. Парунакян В.Э., Волков С.А., Гусев Д.В. Совершенствование средств контроля железнодорожных путей промышленных предприятий. /Сборник. Вопросы проектирования и

организации работы транспорта промышленных предприятий. Калинин: КГУ, 1985. - С.98-100.

7. Парунакян В.Э., Мокрушин Г.П., Гусев Д.В. Методы планирования ремонтно-путевых работ и оперативного управления ходом их выполнения. /Ин.-т "Черметинформация", сер. "Промышленный транспорт". 1985. - вып. 2. - 28 с

8. Парунакян В.Э., Гусев Д.В., Глейзер Г.Е. Состояние железнодорожных путей на карьерах и направления их совершенствования. //Горный журнал. № 5. М.: Недра, 1987. - С. 25-28.

9. Авт. свид. 1684393 /СССР/. Устройство для измерения колеи железнодорожного пути // Парунакян В.Э., Гусев Д.В., Жилин Г.К., Глейзер Г.Е. и др. Оpubл. в Б.И. № 38, 15.10.1991.

10. Руководство по ремонту и содержанию железнодорожных путей предприятий черной металлургии. ЦКТБ трансчермет. М.: 1989. - С96-103.

11. Парунакян В.Э., Гусев Д.В. Многофакторный статистический анализ основных показателей определяющих уровень технического состояния железнодорожных путей в производственно-транспортных комплексах. //Вестник Приазов. гостехунив.-та. Мариуполь: 1996. № 2. - С.211-215.

12. Парунакян В.Э., Гусев Д.В.. Метод оптимизации ремонтного цикла железнодорожных путей с применением динамического программирования. //Вестник Приазов. гостехунив.-та. Мариуполь: 1996. № 2. - С.225-227.

Гусев Дрий Вячеславович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕКУЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

05.22.12 - Промышленный транспорт

Подписано к печати 24.06.97, формат 60x84 1/16, п.л.1

Заказ 326, тираж 100

Гусев В.В. Удосконалення системи поточного утримування залізничних шляхів промислових підприємств.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.22.12 - промисловий транспорт.

Східноукраїнський державний університет, м. Луганськ, 1997 р.

Захищається 12 наукових робіт і 2 авторських посвідчення на винайдення, які містять у собі результати теоретичних і експериментальних досліджень методів та засобів експлуатаційного обслуговування залізничних шляхів. Встановлені закономірності розвитку зіпсованості залізничних шляхів. Розроблені методи річного і перспективного планування шляхових робіт. На цій основі розроблена удосконалена система поточного утримування залізничних шляхів.

При формуванні такої системи вирішені питання діагностики, технології і організаційної структури здійснено промислове впровадження запропанованої системи, приводяться дані об її ефективності.

## THE SUMMARY

Gusev J.V. Improvement on the system of the maintenance of railway track on the industrial enterprises.

The thesis for the candidate's degree of technical sciences accoding to the speciality 05.22.12 - industrial transport. East-Ukrainian State University, Lugansk, 1997.

The defended materials are 7 scientific works and 2 author's certificates on the inventions which contain the results theoretical both experimental researches of methods and means of operational service railway track. Laws of development of malfunctions railway track are established. Methods of annual and perspectiv planning of travelling work are developed. On this basis advanced system of the maintenance of railway track is developed. At formation of such system questions of diagnostics, technology and organizational structure are solved.

Industrial introduction of offered system is carried out, results on its efficiency are brought.