

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Пропускная и провозная способность</i>	7
Эффективность оптимизации нормы состава грузового поезда <i>Ю.А. Кокшаров</i>	7
О моделировании работы станции обслуживания паромной переправы <i>Е.Н. Кособокова</i>	11
Совершенствование технологии работы пограничных станций <i>О.А. Котелевский</i>	17
Совершенствование организации контейнерных перевозок на железных дорогах России <i>Я.В. Кукушкина</i>	20
Символическая модель взаимодействия железнодорожного и морского транспорта при передаче контейнеропотока <i>Г.И. Никифорова</i>	23
Об автоматизации расчета плана формирования поездов <i>И.И. Осьминина</i>	27
Построение множественной линейной регрессионной модели сезонных изменений входного пассажиропотока метрополитена <i>Д.С. Хрущева</i>	34
<i>Подвижной состав</i>	37
Моделирование электромагнитных процессов при потере потребителя в режиме рекуперативного торможения грузового электровоза постоянного тока <i>А.А. Богдан</i>	37
Особенности построения электронных систем ослабления возбуждения <i>А.М. Евстафьев</i>	46
Влияние конструктивных схем и параметров межосевых связей тележек на ходовые качества грузовых вагонов <i>Е.А. Рудакова</i>	51
Двухуровневая система управления асинхронным тяговым приводом локомотива <i>А.Е. Шаговик</i>	56

Выбор направлений модернизации универсальных платформ с целью расширения номенклатуры перевозимых на них грузов и рационального использования существующего парка грузовых вагонов <i>И.К. Шайтанова</i>	62
<i>Регулирование движения поездов и связь</i>	67
Математические модели для исследования вибраций железнодорожной автоматики от динамических факторов, обусловленных движением поездов <i>М.М. Асыпкина</i>	67
Автоматизация синтеза схем станционной автоматики <i>Ю.Г. Малич</i>	73
Повышение надежности работы плавких предохранителей в устройствах железнодорожной автоматики и телемеханики <i>Д.Л. Павлов</i>	79
Использование автоматизированного рабочего места ведения технической документации в хозяйстве связи и вычислительной техники ОАО “РЖД” <i>С.А. Тихомиров</i>	83
Разработка методики корректировки сигналов в каналах связи <i>С.В. Чупарнова</i>	89
<i>Реконструкция тяговых средств</i>	94
Совершенствование процесса восстановления бандажей колесных пар локомотивов при ремонте <i>А.А. Воробьев</i>	94
К синтезу системы электроснабжения собственных нужд (СЭСН) перспективного электропоезда постоянного тока <i>А.И. Горлов</i>	99
Безразборная технология ультразвукового контроля осей колесных пар при ремонте подвижного состава <i>С.А. Пудовиков</i>	103
<i>Путевые работы</i>	109
Определение вероятности неразрушения корпусных элементов гидроцилиндра аутригера путевой машины <i>Д.Е. Попов</i>	109

Поиск технических решений по предотвращению сходов подвижного состава из-за распора колеи <i>А.В. Селезнев</i>	116
<i>Искусственные сооружения</i>	122
Свободные колебания связанной механической системы "мост-поезд" <i>М.М. Евстифеев</i>	122
Контактная задача для однородного полупространства с упругодеформируемым цилиндрическим включением <i>В.А. Илюнин</i>	128
Метод оптимизации экстрадозного моста <i>А.Ю. Кулешов</i>	133
К расчету стеновой панели сборного железобетонного здания с учетом нелинейной работы материала <i>Е.В. Луговая</i>	137
Моделирование эффекта второго порядка для ЭПФ-сплавов при сложных температурных режимах <i>Е.А. Пяк</i>	142
<i>Проектирование и строительство</i>	148
Профиль подводного берегового склона как основа прогноза динамики берегов арктических морей <i>О.А. Груздева</i>	148
Электропроводность при твердении алюмофосфатных систем <i>Е.В. Крюкова</i>	153
Ускорение твердения монолитного пенобетона при пониженных и отрицательных температурах <i>С.Д. Петров, А.В. Хитров</i>	158
Управление потокораспределением в сети <i>Е.Е. Пиленкова</i>	163
Защита напорных трубопроводов водоотведения от гидравлических ударов <i>Н.В. Твардовская</i>	167

Экология	172
Создание золопенобетона автоклавного твердения на основе золы от сжигания осадка сточных вод и использование его в качестве шумозащитных экранов Е.В. Русанова	172
Экономика и социальное управление	178
Теоретическое осмысление парадоксов происхождения денег Р.К. Гуцунаев	178
Дидактические условия реализации интегративного подхода в профильном обучении старшеклассников А.В. Курвина	181
Сущность этического идеала Л.Д. Минкинен	189
Об алгоритме решения транспортной задачи с квазивогнутой функцией стоимости Е.Ю. Морозова	194
Проблема адаптации личности в рамках гештальтпсихологии Т.И. Попова	200
Метод экономического анализа строительных рисков при проведении подрядных торгов О.А. Третьяков	202
Авторы статей	205
Авторский указатель	208

Провозная и пропускная способность

УДК 656.222.2

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОПТИМИЗАЦИИ НОРМЫ СОСТАВА
ГРУЗОВОГО ПОЕЗДА**

Ю.А. Кокшаров

Аннотация

Норма веса грузовых поездов один из основных показателей, во многом определяющий количественную и качественную стороны эксплуатации железных дорог и прежде всего размеры движения, мощность локомотивов, полезную длину станционных приемоотправочных путей, динамическую прочность сцепных приборов и рамы вагонов. С ней связаны не только наличная пропускная и провозная способность железнодорожной линии, но и в определенной мере (при заданном типе локомотива) скорость движения, а следовательно, и потребность в вагонном и локомотивном парках для освоения заданного объема перевозок. Поскольку в настоящее время ограничивающим фактором является длина станционных путей, то вес поезда можно считать функцией от длины состава, которая измеряется числом условных вагонов. В статье предлагается постановка задачи оптимизации этой величины по экономическому критерию.

Ключевые слова: вес состава; длина поезда; длина приемоотправочных путей; стоимость вагоно-часа; стоимость локомотиво-часа

Введение

Ряд учёных на протяжении периода развития железнодорожного транспорта исследовали вопрос интенсификации работы на основе увеличения веса и длины грузовых поездов рассматривая эти показатели, как технические параметры осуществления данной возможности. В настоящее время имеет смысл рассмотреть вариант нормирования состава грузовых поездов, рассматривая его как технологический параметр.

1. Параметры влияющие на величину состава

Величина состава является технологическим параметром, играющий важную роль в управлении эксплуатационной работой. Так, для плана формирования поездов выгодно уменьшение нормы состава, так как при этом снижаются затраты на накопление составов и увеличивается транзитность поездных назначений (снижается переработка вагонов). Увеличение состава отрицательно сказывается на продолжительности обработки транзитных поездов на технических станциях, поскольку она прямо пропорциональна величине состава. Так, если состав из 50 вагонов обрабатывается на данной станции один час, то затрата вагоно-часов составит 50 вагоно-часов. Если же состав увеличить вдвое, то вдвое увеличится продолжительность обработки, а затрата вагоно-часов будет уже $100 * 2 = 200$ вагоно-часов, то есть увеличится в 4 раза. С другой стороны увеличение состава выгодно для графика движения (снижаются размеры движения, хотя и замедляются продвижение поездов), а также для эксплуатации локомотивов (снижается потребность в них). Налицо оптимизационная задача. Если решать её по критерию затраты вагоно-часов, то получим минимально возможное значение состава (теоретически,

при отсутствии ограничений снизу – до 1 вагона). Если же решать эту задачу по критерию затраты локомотиво-часов, то получим максимально возможное значение величины состава по верхнему ограничению (длине приёмо-отправочных путей). Для получения реального ответа надо использовать экономический критерий, который бы учитывал все затраты и способствовал получению максимального дохода от перевозок. В связи с этим предоставляет интерес исследование этого вопроса с целью установления оптимальной нормы состава поезда.

Так как каждое поездное назначение обладает рядом только ему присущих параметров, (в частности, суточная величина вагонопотока, дальность следования и др.), то все расчёты по определению оптимальной величины состава следует проводить отдельно по каждому назначению. При необходимости определения общей унифицированной нормы состава, расчёт её величины должен быть основан на установленных оптимальных значениях величины состава по каждому назначению.

В связи с тем, что главным фактором при формировании поезда на сортировочной станции в настоящее время является его длина, то есть норма состава (а не вес), то задача заключается в определении оптимальной нормы состава по длине – числа условных вагонов. Норма веса поезда устанавливается как производная от величины состава с учётом средней загрузки вагона.

2. Экономические расчёты

Понятно, что оптимальная величина состава m при прочих равных условиях напрямую зависит от значений стоимости: вагоно-часа $e_{вч}$, локомотиво-часа $e_{лч}$, килограмма условного топлива $e_{кз}$, киловатта электроэнергии $e_{квт}$. Взяв конкретные величины используемые на железной дороге: $e_{вч} = 7,2$ руб.; $e_{лч} = 481$ руб. (для электровозной тяги $e_{лч}^{эл} = 570$ руб.; для тепловозной тяги $e_{лч}^m = 390$ руб.); $e_{кз} = 4,87$ руб.; $e_{квт} = 0,91$ руб. Такое соотношение величин неизбежно приведёт к тому, что в результате будут получена чрезмерно большая величина состава, обеспечивающая экономию локомотиво-часов за счёт излишней затраты вагоно-часов.

Такой эффект возникает вследствие того, что величина $e_{вч}$ включает в себя только расходы на содержание вагона и амортизацию. Они настолько малы по сравнению с расходами на содержание поездного локомотива с бригадой, что экономически выгодно решать этот вопрос, обрекая вагоны на существенный простой. С другой стороны, расходы на содержание вагона и амортизацию невозможно сэкономить – они не зависят от характера использования вагона.

Между тем основным источником дохода дороги является именно гружёный вагон, находящийся в движении (поскольку оплате подлежат

выработанные им тонно-километры). Поэтому экономя вагоно-часы, т.е. экономя рабочий парк, железнодорожный транспорт получает дополнительный доход от использования высвобожденных вагонов. Это положение усугубляется вследствие существующего в настоящее время дефицита вагонного парка. Поэтому величина $e_{вч}$, должна включать в себя "потерянный" доход, который будет реализован в случае экономии вагоно-часов. Величину "потерянного" дохода на 1 ваг-ч можно определить следующим образом:

$$e_{ном} = \frac{a_{ткм} \cdot \omega}{240}, \text{ руб./В-ч}, \quad (1)$$

где $a_{ткм}$ – доходная ставка по грузовым перевозкам на 10 ткм, руб./10 ткм;

ω – производительность грузового вагона, ткм/ваг.-сут.

Например, если $a_{ткм} = 3,0$ руб./10ткм, $\omega = 8000$ ткм/ваг.-сут., то

$$e_{ном} = \frac{3,0 \cdot 8000}{24 \cdot 10} = 100 \text{ руб./вч} \quad (2)$$

Тогда величина стоимости вагоно-часа будет составлять:

$$e_{вч} = 7,2 + 100 = 107,2 \text{ руб./вч}$$

такой подход является правомерным, поскольку позволяет перейти от затратного критерия к критерию, который учитывает доход от более интенсивного использования вагонов.

Поскольку каждый элемент затрат есть функция величины состава $f(m)$, то общие суточные расходы на продвижение вагонов данного назначения можно определить суммированием этих элементов: $E(m) = \sum_i f_i(m)$.

Данный функционал правомерно рассматривать как целевую функцию задачи определения оптимальной величины состава для данного назначения. Поскольку она является функцией одного аргумента m , то его оптимальное значение может быть определено путём исследования целевой функции на минимум. С этой целью необходимо взять первую производную функции по аргументу m приравнять её к нулю, затем решить полученное уравнение относительно m : $\frac{\partial E(m)}{\partial(m)} = 0$.

Таким образом, задача оптимизации состава поезда в данном случае математически формулируется следующим образом. Требуется определить такое значение величины состава m , при котором целевая функция $E(m)$

принимает минимальное значение. При необходимости можно учитывать ограничения на величину состава m сверху (или) снизу.

Дифференцирование функции $E(m)$ представляет сложную задачу, поэтому решение данной задачи целесообразно производить, используя специальную компьютерную программу.

3. Заключение

На основе выполненных расчётов можно сделать вывод, что оптимальная норма состава (обеспечивающая максимальный доход) увеличивается по мере возрастания суточного вагонопотока поездного назначения и его дальности. Оптимальная величина состава для коротких и слабых назначений может быть существенно меньше действующей нормы. Поэтому такие назначения целесообразно объединять в одnogруппные или групповые маршруты.

Снижение величины состава, ведёт к сокращению оборота вагона и экономии вагонов рабочего парка. Всё дело в наличии локомотивов и пропускной способности. Если например, по одному из попутных назначений оптимальная величина состава получилась 25 вагонов, а по другому 35, то можно проверить целесообразность их объединения при общей оптимальной величине состава $25 + 35 = 60$ вагонов. В этом случае с одной стороны возникает экономия потребности поездных локомотивочасов (не вагоно-часов накопления), с другой – затраты на переработку по станции разъединения назначений. Здесь просматривается новый подход к расчёту плана формирования.

Из всего этого следует, что экономически целесообразно отказаться от фиксированной нормы состава по максимальной вместимости путей и перейти к гибкой норме задавая нижнюю границу с учётом оптимальной её величины и верхнюю по вместимости путей. Формировать поезда следует таким образом, чтобы включить в состав максимально возможное на момент формирования количество вагонов, то есть в каждом случае на станции не должно оставаться вагонов этого назначения.

Если при этом правильно рассчитать число ниток графика, то возможен переход на твёрдый график движения грузовых поездов, который сам по себе должен обеспечить повышение экономической эффективности перевозочного процесса.

Все экономически оправданные меры, направленные на ускорение оборота вагона ведут к экономическому успеху отрасли в целом. Поэтому, если решать, куда в первую очередь вкладывать средства: в удлинение путей или в обновление и увеличение локомотивного парка, то во многих случаях надо делать выбор в пользу последнего. Анализ работы Санкт-Петербургского отделения показал, что в поездах на участках вагон

находится всего 15% времени своего оборота, а остальное время простаивает на технических станциях и на станциях погрузки-выгрузки. Это требует всемерного поиска мер сокращения станционных простоев.

4. Литература

Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. – М.: МПС РФ, 1998.

Типовые нормы оперативного времени и нормативы численности работников на пунктах технического обслуживания грузовых вагонов. – М.: МПС, 1997.

Справочник эксплуатационника. – М.: «Транспорт», 1971.

Кудрявцев В.А., Волчанинов В.В., Кокшаров Ю.А. Определение оптимальной нормы состава грузового поезда. // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2004. – Вып. 2. – с. 19-28.

УДК 656.211.7

О МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОТЫ СТАНЦИИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАРОМНОЙ ПЕРЕПРАВЫ

Е.Н. Кособокова

Аннотация

Железнодорожный паромный комплекс является сложной системой. Процесс его работы носит в большей мере вероятностный характер. Для исследования сложных систем в современных условиях используется метод имитационного моделирования. В статье рассматривается описание модели работы паромного комплекса, созданной при помощи системы моделирования GPSS.

Ключевые слова: паромная переправа; железнодорожный паром; имитационное моделирование

Введение

Организация паромных сообщений с другими странами является весьма актуальной проблемой. В настоящее время ведутся проектные разработки по созданию железнодорожных паромных переправ между Россией и рядом стран (Германией, Турцией, Ираном, Болгарией).

Следует отметить, что организация морских паромных сообщений – дорогостоящее мероприятие, поэтому в каждом конкретном случае создания новой паромной линии должно предшествовать тщательное

техничко-экономическое обоснование и рациональный выбор технического оснащения станций, обслуживающих паромные переправы.

Аналитические методы определения технического оснащения не позволяют учесть множество случайных факторов, оказывающих влияние на функционирование паромного комплекса. Самым приемлемым методом исследования такой сложной системы, достаточно полно отражающим условия ее функционирования, является метод имитационного моделирования.

1. Общие положения

Имитационное моделирование – это популярный и мощный инструмент системного анализа и оценки эффективности сложных транспортных систем. Одним из первых языков моделирования, облегчающих процесс написания имитационных программ, был язык GPSS. В настоящее время имеются трансляторы для разных операционных систем, в том числе и для Windows. GPSS используется для построения событийных дискретных имитационных моделей и проведения экспериментов на ЭВМ.

GPSS позволяет реализовать метод поэлементного моделирования, называемый системотехническим, который заключается в том, что вся схема станции разбивается на элементы (пути парков, маршруты надвига и т.п.), а затем последовательно рассматриваются изменения состояния моделируемой системы с некоторым временным шагом (единицей модельного времени).

2. Формализация процесса функционирования предпаромной станции и паромного комплекса

Сложность и многообразие процессов функционирования реальной системы не позволяет построить для нее абсолютно адекватную модель. Модель можно создать только в результате четкого формального описания рассматриваемого процесса с достаточной степенью приближения к действительности. При формализации необходимо сохранить основные закономерности, характеризующие изучаемый процесс. Поэтому целесообразно учитывать факторы, влияние которых является определяющим для оценки характеристик и параметров данного процесса.

В рассматриваемой модели паромной переправы приняты следующие допущения:

- время следования паромов между конечными пунктами переправы принимается величиной постоянной, заложенной в график движения судов. Увеличиваться оно может за счет неблагоприятных метеорологических условий, которые учитываются в модели через

вероятность их наступления по месяцам года и среднюю продолжительность действия;

- простой судов на паромных комплексах моделируется с учетом готовности групп вагонов для погрузки на паром и занятости причалов;
- упрощаются требования к расстановке вагонов с негабаритными и скоропортящимися грузами и вагонов весом более 84 т, т.к. учет этих факторов сильно усложнит решаемую задачу, а процент таких вагонов весьма невелик;
- каналы обслуживания в системе паромной переправы считаются надежными элементами, так как суда регулярно ставятся на профилактические осмотры и текущие работы, причальные устройства ремонтируются в регламентируемые сроки и по многолетним наблюдениям отказы их маловероятны. Маневровые локомотивы, обслуживающие выставочный парк, при необходимости могут быть заменены любыми другими станционными локомотивами.

Транспортный процесс характеризуется рядом случайных величин, имитация которых позволяет приблизить моделируемый процесс к реальному и изучать влияние отдельных случайных параметров на процесс функционирования всей системы. В качестве случайных величин в модель введены интервалы между поездами, количество вагонов, вес вагонов, а также время заезда за составом, время расформирования состава и формирования плетей, время перестановки плетей в выставочный парк и продолжительность неблагоприятных погодных условий.

3. Характеристика входящих потоков

Исследование входящих потоков в систему паромного комплекса необходимо для выбора такого способа моделирования их на ЭВМ, при котором имитация и фактический поток наиболее точно соответствуют друг другу.

Для паромной переправы входящими потоками являются подход вагонов и паромов.

Поступление паромов в основном носит детерминированный характер, так как подчиняется графику движения. В настоящее время на паромных переправах используется график с фиксированными точками отправления паромов. Процесс поступления вагонов на переправу является вероятностным, т.к. движение передаточных поездов осуществляется не по жестким нитками графика, кроме того, на размеры вагонопотока оказывает влияние внутригодовая и внутрисуточная неравномерность. В связи с этим, основные характеристики потока: количество поездов, количество вагонов в них и интервалы поступления рассматриваются как случайные величины.

Исследованию функций распределения интервалов поступления поездов на станцию был посвящен целый ряд работ, в которых установлено, что потоки на крупных железнодорожных станциях, как правило, не простейшие. Анализ статистических данных по ряду портовых станций выполненный в работе П.К. Рыбина (Рыбин П.К., 2003) показал, что наиболее высокую степень сходимости с эмпирическим распределением интервалов поступления передаточных поездов обеспечивает гамма-функция с параметром распределения $r=3$.

Большое значение на работу паромной переправы оказывает неравномерность поступления вагонов. Результаты анализа внутригодовой неравномерности поступления вагонов на паромную переправу, приведенные в работе В.А. Куликовой (Куликова В.А., 1982), показывают, что коэффициент неравномерности, который был определен как отношение среднесуточного поступления в каждом месяце к среднесуточному за год, принимает значения от 3,1 в августе до 1,4 в июне. Посуточные колебания размеров движения исследовались проф. А.К. Угрюмовым (Угрюмов А.К., 1968). Было установлено, что посуточные колебания размеров движения в течение месяца описываются нормальным законом распределения.

4. Структура модели

К техническому оснащению паромных комплексов относятся: паромы, причалы, маневровые локомотивы, пути парков приема (ПП), сортировочно-отправочного (СО), сортировочного (С) и выставочного (ВП) (рис. 1). Подбор вагонов в плети осуществляется с помощью горки малой мощности.

Таким образом, паромный комплекс переправы можно представить как многофазную многоканальную систему массового обслуживания с дискретным вмешательством случая.

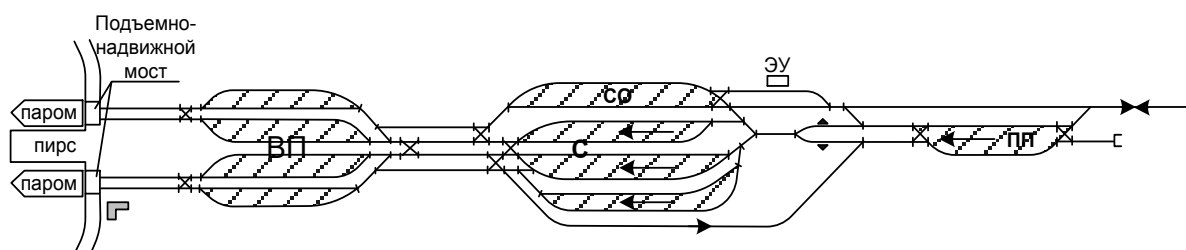


Рис. 1. Схема железнодорожного паромного комплекса

Логика работы модели основана на перемещении внутри нее специальных динамических элементов – транзактов¹, которые в зависимости от контекста могут имитировать момент поступления очередного поезда или парома. Кроме того, при помощи генерации транзактов моделируется изменение месяцев года, таким образом, учитывается внутригодовая неравномерность объемов перевозок и вероятность наступления неблагоприятных погодных условий, зависящая от времени года.

В терминах языка моделирования GPSS элементы технического оснащения являются одноканальными или многоканальными устройствами (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Перечень устройств модели

Устройства:	
<i>одноканальные (ОКУ):</i> горка малой мощности; система расформирования составов – формирования плетей вагонов	<i>многоканальные (МКУ):</i> пути ПП; пути СО; бригады ПТО; горочные локомотивы; пути ВП; локомотивы ВП; пути надвига на горку; бригады таможенников; причалы

Следует отметить, что система расформирования-формирования станции имеет две технологические линии: 1. расформирование составов – формирование групп вагонов, примерно одинаковых по весу (плетей) назначением на паром; 2. накопление вагонов прибывших с паромом, формирование составов передаточных поездов.

Первая технологическая линия описывается как одноканальное устройство, при этом время его занятия операциями расформирования составов и формирования плетей задается с помощью функций распределения, полученных на основании статистической информации и заданных в табличной форме. Вторая технологическая линия описывается как многоканальное устройство, количество каналов в котором определяется числом путей в парке СО.

В процессе моделирования по каждому из устройств фиксируются следующие статистические параметры: коэффициент использования,

¹ Транзакт - термин, используемый в системе моделирования GPSS.

средний период занятости, средняя и максимальная длина очереди к устройству и др. Кроме того, имеется возможность получить следующую

информацию: длительность пребывания заявок в системе, простоев маневровых локомотивов, простой вагонов, простой паромов, среднесуточные остатки вагонов и т.д.

На рис. 2. отображены основные технологические связи между устройствами в системе и направления продвижения транзактов.

5. Заключение

Разработанная модель позволяет установить продолжительность нахождения вагонов в системе паромного комплекса в зависимости от его технического оснащения, размеров движения, типа парома. Задавая различные исходные данные, можно установить наиболее оптимальные технические параметры объектов системы.

6. Литература

- Фоменко В.Н., Рыбин П.К. Определение числа вагонов, поступающих на станцию в адрес грузового фронта в течение заданного промежутка времени // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом: Сб. научн. тр. – СПб.: ПГУПС, 2003. – С. 125-133.
- Куликова В.А. Вопросы совершенствования работы паромных переправ // Сборник трудов (вып. 631) / МИИТ. – М., 1982. – с. 25-37.
- Угрюмов А.К. Неравномерность движения поездов. – М.: Транспорт, 1968. – 112 с.

УДК 656.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ПОГРАНИЧНЫХ СТАНЦИЙ

О.А. Котелевский

Аннотация

Создание нового решения задачи позволит решить существующие проблемы, такие как отсутствие взаимодействия железнодорожных и таможенных служб. Предлагается методика взаимодействия комплекса железнодорожных и таможенных служб на станциях погранпереходов. Применение методики позволит экономить время на передачу поездов между странами (Россия-Финляндия), что в свою очередь повысит эффективность работы станций и железной дороги в целом.

Ключевые слова: пограничные станции, международные железнодорожные сообщения, пункты погранпереходов

Введение

Наличие одинаковой ширины колеи и отсутствие необходимости перегрузочных операций на пограничных переходах при транзитном межгосударственным железнодорожном сообщении обусловлено то, что в связи с этим на первый место выходит проблема совершенствования технического и технологического оснащения пограничных станций. Эта задача не может решаться без тесного взаимодействия железнодорожных пограничных служб России и сопредельных стран. Для успешного осуществления этого взаимодействия необходимо полная согласованность всего комплекса операций на погранпереходах.

1. Проблемы пограничных переходов в железнодорожных сообщениях

В настоящее время наблюдаются значительные сверхнормативные простои поездов на пограничных станциях. При этом следует отметить, что действующие нормативы обработки составов межгосударственного сообщения и без того завышены в 1,5-2 раза. Увеличение продолжительности обработки поездов на пограничных станциях в свою очередь приводит к снижению объемов передачи поездов через границу. В числе наиболее часто встречающихся причин простоев поездов и вагонов: несвоевременное выполнение маневровых работ, в том числе по подаче составов для таможенного осмотра, ожидание локомотивов или локомотивных бригад, превышение норм времени на таможенный и пограничный контроль, несогласованные действия работников станций, пограничников и таможенников. Достаточно часто причиной простоя является несвоевременное предоставление станциями погрузки контролирующим органам (пограничным, таможенным службам и т.п.) необходимых дополнительных сведений о подходе поездов с грузом, требующих специального осмотра, об отправлении маршрутов однородного груза и т.п. для контролирующих органов. В результате этого такие вагоны на станции отцепляются и могут простаивать неделями. Так же одной из распространенных причин задержек вагонов на пограничных станциях являются их технические и коммерческие неисправности.

Сокращение продолжительности задержек поездов на границе имеет большое значение для укрепления позиций железнодорожного транспорта на рынке перевозок в международном сообщении. Решить эту задачу можно, в том числе за счет изменений в объеме и характере пограничных процедур, внедрения современных информационных технологий.

Операции на пограничных переходах представляют собой сложный комплекс мероприятий, в котором задействованы не только представители железных дорог. Так в работе с поездами на пограничных станциях принимают участие таможенные, карантинные и другие службы. Зачастую именно в результате их деятельности возрастают простои поездов, в то время как технические вопросы, зависящие от железных дорог, решаются более оперативно. Но часть задержек происходит и по вине железнодорожников.

В целом основной причиной задержки составов на пограничных станциях можно считать, отсутствие должного взаимопонимания между службами дороги и контролирующими органами, заинтересованности со стороны таможенников и пограничников в пропуске максимального количества составов.

2. Разработка методики взаимодействия комплекса железнодорожных и таможенных служб

В разрабатываемой методике решаются вопросы взаимодействия пограничных и ж.д. служб, оценки технико-технологических параметров пограничных станций, которые позволят выявить узкие места на пограничной станции и предложить варианты их решения, единой системы организации транзитных перевозок, а также совершенствования технологии работы стыковых станций и их технического оснащения.

При этом необходимо разработать и внедрить типовой перечень технического оснащения пограничных железнодорожных станций в зависимости от категории линии и размеров движения, который должен быть согласован с пограничными и таможенными органами.

Разрабатываемая методика предусматривает создание совместных пунктов коммерческого и технического осмотра. Это позволит проводить осмотр однократно, исключая его повторение на сопредельной территории, а так же оперативное принятие решений по вопросам обеспечения сохранности грузов, безопасности движения и т.п.

В целях сокращения времени обработки составов, а также уменьшения числа возвратов вагонов из-за нарушений в оформлении перевозочных и сопроводительных документов на станции в рамках разработанной технологии предлагается система предварительного декларирования грузов. Она позволяет заранее до прибытия вагонов на пограничную станцию подготовить документ контроля за доставкой товара или транзитную декларацию. Учитывается внедрение автоматизированных рабочих мест агента передачи, работников технического обслуживания и коммерческого осмотра, товарного кассира, дежурного по станции. Процесс работы по приему-сдаче поездов автоматизирован и

осуществляется с использованием АСУ пограничной станции (АСУПС), в котором реализована возможность подключения нескольких рабочих мест АРМ СПВ и обеспечена возможность их параллельной работы при оформлении одного или нескольких поездов. Для ускорения пропуска внешнеторговых грузов в системе предусмотрено формирование справочных данных для отдела пограничного контроля.

3. Заключение

Внедрение универсальной методики приведений совмещенных станционных и пограничных операций и создание единого информационного сообщения позволит сократить времени выполнения данных операций, нарастить пропускную и провозную способность стыковых станций, и создать большую привлекательность железнодорожного транспорта для перевозки внешнеторговых грузов.

4. Литература

Феньвеш Л. Проблемы пограничных переходов в международных железнодорожных сообщениях/ Л. Феньвеш. – С. 13 Шифр: П1432/2000/5 // Журнал Железные дороги мира. 2000. N 5.

Числов М.В. Инвентаризация пограничных пунктов пропуска / М.В. Числов, Е.А. Афонин; И.В. Коришева; М.О. Баранов; И.Г. Выпов. – С.68 Шифр: П1062/2001/3 // Журнал Железнодорожный транспорт. 2001. N 3.

Сведения об авторе

УДК 656.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ РОССИИ

Я.В. Кукушкина

Аннотация

Анализ контейнерных перевозок, проведенный на сети железных дорог России показал, что объем контейнерных перевозок увеличивается, но динамика их роста на железнодорожном транспорте значительно ниже, чем на морском и автомобильном. Наиболее перспективным направлением в развитии контейнерных перевозок на сети железных дорог России является создание системы контейнерных поездов.

Ключевые слова: контейнерные перевозки; контейнерный поезд; план формирования вагонов с контейнерами; план формирования контейнерных поездов

Введение

В условиях рыночной экономики и сильной конкуренции со стороны других видов транспорта, особенно автомобильного, особую важность приобрел вопрос привлечения на железную дорогу клиентуры, которая нуждается в оказании целого комплекса услуг по доставке своих грузов к месту назначения (принцип доставки груза «от двери до двери»). К сожалению, существующая технология доставки грузов в контейнерах по железной дороге не в состоянии удовлетворить эти требования и значительная часть контейнеропотока уходит на автотранспорт.

В настоящее время железнодорожным транспортом только 1 % грузов (из общего объема перевозок) перевозится контейнерными отправками, а контейнерные перевозки занимают одно из передовых мест в реестре высокодоходных грузов. Вот почему данная проблема является своевременной и актуальной.

1. Проблемы организации контейнерных перевозок

Контейнерные перевозки – это одно из главных средств ускорения товародвижения и сокращения транспортных издержек.

Преимущества перевозки грузов в контейнерах известны: это практически стопроцентная сохранность, сокращение времени доставки груза, удобство транспортировки. Но несмотря на эти преимущества, наиболее высокая динамика развития контейнерных перевозок приходится на последние 15 лет.

Экономическая политика России в ближайшей перспективе будет связана с дальнейшим ростом числа предприятий малого и среднего бизнеса, что приведет к спросу на контейнерные перевозки и их росту.

По данным специалистов ОАО «Ленморниипроект» рост контейнерооборота России морским транспортом должен расти с темпом от 6 до 13 % в год. Программой развития Морского порта Санкт-Петербурга предусматривается значительное увеличение объемов переработки контейнерных грузов.

Для понимания важности вопроса о конкурентоспособности железнодорожного транспорта с автотранспортными перевозчиками рассмотрим некоторые данные. Доля контейнеропотоков, переработанных в морском порту Санкт-Петербурга с участием железнодорожного

транспорта составляет не более 10 %. Ее увеличение лишь на 1 % может принести дополнительный доход Октябрьской ж.д. 4,5 млн. руб. в месяц.

2. Разработка методики расчета оптимального плана формирования

В связи наметившей тенденцией роста контейнерных перевозок железной дороге необходимо изменить свою стратегию в области контейнерных перевозок. Для этого должна быть выполнена соответствующая проработка вопросов технологии организации контейнерных перевозок, графика движения поездов, оперативного планирования и регулирования эксплуатационной работы, а также технологии работы станций и терминалов по переработке контейнеров.

Экономическая эффективность контейнерной технологии перевозок связана со следующими показателями: планируемые объемы перевозок, эксплуатационные расходы, транспортные тарифы.

Для обеспечения стабильных объемов перевозок и улучшения использования подвижного состава необходимо внедрение на сети железных дорог новых оптимизационных моделей технологии перевозочного процесса, в том числе совершенствование организации контейнеропотоков и методики разработки плана формирования вагонов с контейнерами.

Методика плана формирования вагонов с контейнерами должна предусматривать ускорение оборота контейнера и доставки груза, сокращение количества переработки контейнеров на всем пути следования.

Методика едина для расчета плана формирования вагонов со среднетоннажными контейнерами и крупнотоннажными контейнерами. Расчет плана формирования производится на основании статистических сведений отчетности по груженным и порожним контейнеропотокам и выделения контейнерных потоков на одну станцию, на одну дорогу по минимальному нормативу контейнеропотока.

3. Заключение

Организация контейнерных поездов позволит выиграть всем участникам перевозочного процесса: производителям – расширить рынок сбыта своей продукции; железнодорожникам – увеличить объемы перевозок, сократить сроки доставки, уменьшить затраты на перевозку и улучшить в целом финансово-экономическое положение отрасли.

Решение данной проблемы лежит в плоскости коренного изменения подхода к организации контейнерных перевозок на сети железных дорог, а именно необходимо решительно перейти от плана формирования

контейнеров и плана формирования вагонов с контейнерами к плану формирования контейнерных поездов.

При этом дополнительные объемы перевозок, привлеченные новой технологией смогут компенсировать затраты на вождение неполновесных поездов. Также следует принять во внимание, что возможность назначения таких поездов не приведет к дополнительной загрузке основных грузовых направлений.

4. Литература

Информационно-аналитическое агентство “SeaNews” 2001: Международные контейнерные перевозки в России. – 2002. – 60 с.

Капитонов А.Е. Организация контейнерных поездов: Начальный этап. – СПб.: ПГУПС, 2000. – 40 с.

Кузнецова А.Н. Оценка неравномерности контейнерных перевозок. // Проблемы разработки ресурсосберегающих технологий в эксплуатации железных дорог. Вып. 3. – М.: РГОТУПС, 2003 – С. 127-131.

УДК 656.2

СИМВОЛИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО И МОРСКОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ПЕРЕДАЧЕ КОНТЕЙНЕРОПОТОКА

Г.И. Никифорова

Аннотация

Определяются параметры, относящиеся к работе железнодорожного и морского транспорта. Устанавливаются математические зависимости между параметрами, характеризующими взаимодействие железнодорожного и морского транспорта. Определяются: время обработки расчетного судна, простой вагонов под грузовыми операциями, емкость контейнерного терминала, производительность железнодорожного и морского грузовых фронтов.

Ключевые слова: железнодорожный и морской транспорт; время обработки расчетного судна; простой вагона под грузовыми операциями; контейнер; причал; производительность

Введение

Составление символической или абстрактной модели взаимодействия железнодорожного и морского транспорта включает в себя установление математических зависимостей между параметрами и вывод формул для их

вычисления. Математическое описание параметров будет основываться на «Нормах технологического проектирования морских портов» и справочно-методического руководства по проектированию железнодорожных станций и узлов (Козлов А.М., Гусева К.Г., 1981)

1. Символическое описание параметров, характеризующих работу морского транспорта

Годовой грузооборот морского порта и типы судов контейнеровозов определяют число причалов в порту. В таблице 1 показана математическая зависимость между этими параметрами.

Время обработки расчетного судна $T_{гр.м}$ в часах вычисляют по формуле

$$T_{гр.м} = \frac{2Q_c K_{вм}}{M_m} \quad (1)$$

где Q_c – контейнеровместимость судна, контейнер;

$K_{вм}$ – коэффициент использования вместимости судна-контейнеровоза принимают 0,85;

M_m – производительность морского грузового фронта или интенсивность грузовых работ, контейнер/ час.

ТАБЛИЦА 1. Зависимость количества причалов в порту от типа судна и годового грузооборота морского порта

Параметры	Тип судна - максимальное средневзвешенное (вместимость судна Q_c , контейнер)								
	СК - 400 СК - 250		СК - 1400 СК - 650			СК - 2500 СК - 800			
Годовой грузооборот морского порта Q_m , тысяч контейнеров/год	20-40	40-80	30-70	70-160	160-230	40-100	100-190	190-300	
Количество причалов $N_{прич.}$	1	2	1	2	3	1	2	3-4	

Производительность морского грузового фронта определяется выражением:

$$M_m = P_{лм} N_{лм} \quad (2)$$

где $P_{лм}$ – эксплуатационная производительность технологической линии, контейнер/час;

$N_{лм}$ – среднее расчетное число линий, принимают по таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Число технологических линий, обслуживающих морской транспорт

Тип судна-контейнеровоза – Q_c , контейнер	Среднее число линий, $N_{лм}$
СК-300-400	1,4
СК-700	1,8
СК-1200-1400	1,9
СК-1800-2500	2,5-2,7

Эксплуатационная производительность технологической линии $P_{лм}$ принимается по паспортным данным конкретных перегрузочных машин. На контейнерном терминале могут быть применены следующие погрузо-разгрузочные машины:

- причальный контейнерный перегружатель для судов вместимостью до 400 контейнеров – 25 – 30 контейнеров/час;
- причальный контейнерный перегружатель для судов вместимостью до 1400 контейнеров – 28 – 32 контейнеров/час;
- причальный контейнерный перегружатель для судов вместимостью до 2500 контейнеров – 30 – 50 контейнеров/час.

2. Определение емкости морского контейнерного терминала

В качестве исходной информации примем следующее положение: поток прибывающих в порт судов описывается законом Пуассона (Правдин Н.В., Негрей В.Я., 1983), то есть имеет место выражение:

$$P(k) = \frac{\lambda_c^k}{k!} e^{-\lambda_c} \quad (3)$$

где k – число судов;

λ_c – среднесуточная интенсивность прибытия судов в порт, судно/сутки:

$$\lambda_c = \frac{Q_M}{T_H Q_C K_{вм}} \quad (4)$$

где Q_M – объем перевалки груза в порту за период навигации или годовой грузооборот порта, контейнеров/год;

T_H – период навигации, сутки;

Q_C – грузоподъемность или контейнеровместимость судна, контейнер;

$K_{вм}$ – коэффициент использования грузоподъемности судна, $K_{вм}=0,85$.

На терминале уже находится какое-то начальное количество контейнеров в течение времени t_{xp} , поэтому, используя процесс свертки пуассоновских распределений, можно показать, что колебания суммы судов, прибывших в порт за этот период будут описываться уравнением:

$$P(k, t_{xp}) = \frac{(\lambda_c t_{xp})^k}{k!} e^{-\lambda_c t_{xp}} \quad (5)$$

Расчетное число судов k , которое с вероятностью P не будет превышать значения k_p определяется по формуле:

$$P(k < k_p) = \sum_{k=0}^{k=k_p} \frac{(\lambda_c t_{xp})^k}{k!} e^{-\lambda_c t_{xp}} \quad (6)$$

Для расчета складов (контейнерный терминал является складом) $P = 0,9$. Расчетное количество судов зависит от величины $\lambda_c t_{xp}$, в случае если $\lambda_c t_{xp} \geq 9$, пуассоновское распределение можно заменить нормальным.

Емкость склада (в контейнерах) при пуассоновском входящем потоке судов будет определяться по формуле:

$$E_{xp} = Q_C K_{ви} k_p \quad (7)$$

3. Символическое описание параметров, характеризующих работу железнодорожного транспорта

Количество железнодорожных путей на участке причальной линии зависит от количества причалов:

- для 2 причалов число путей составляет – 3;
- для 3-4 причалов число путей составляет – 4.

Число вагонов в подаче n_0 целесообразно принять в пределах от 18 до 22 вагонов в подаче.

Количество технологических линий, обслуживающих железнодорожный транспорт, принимаем по таблице 3.

ТАБЛИЦА 3. Число технологических линий, обслуживающих железнодорожный транспорт

Число линий $N_{ж.д.}$	Годовой грузооборот железнодорожной станции $Q_{ж.д.}$, тысяч контейнеров/год				
	18 - 36	37 - 72	73 - 108	109 - 150	151 - 200

Число линий $N_{ж.д.}$	Годовой грузооборот железнодорожной станции $Q_{ж.д.}$, тысяч контейнеров/год				
	18 - 36	37 - 72	73 - 108	109 - 150	151 - 200
Максимальное	1	2	2 - 3	3 - 4	4-5
Среднее	1	1,8	1,8 - 2,6	2,7 - 3,4	3,4 - 4,2

При этом согласно статистическим данным около 80 % от общего контейнеропотока, поступающего в порт морским транспортом, далее перегружается на автомобильный. Таким образом, грузооборот железнодорожной станции составляет примерно 20 % от годового грузооборота морского порта.

Техническая производительность технологической линии $P_{ж.д.}$, контейнер/час, зависит от производительности перегрузочного оборудования и принимается: 14, 15 или 16 контейнеров/час.

Время простоя вагона под грузовыми операциями $T_{гр.ж.д.}$ (в часах) определяют по формуле:

$$T_{гр.ж.д.} = \frac{2.5n}{M_{ж.д.}} \quad (8)$$

где 2,5 – среднее количество контейнеров в одном вагоне;

n – число вагонов в одной подаче;

$M_{ж.д.}$ – производительность железнодорожного грузового фронта или интенсивность грузовых работ, контейнеры / час, определяют по формуле:

$$M_{ж.д.} = P_{л.ж.д.} \cdot N_{л.ж.д.}, \quad (9)$$

где $P_{л.ж.д.}$ - эксплуатационная производительность технологической линии железнодорожного фронта, контейнер/час;

$N_{л.ж.д.}$ - среднее расчетное число линий железнодорожного фронта.

Среднее время нахождения контейнера на морском контейнерном терминале будет определяться по формуле:

$$t_{конт.} = t_{xp} + t_{пв} \quad (10)$$

где t_{xp} – время хранения контейнера на терминале, сутки;

$t_{пв}$ – время на погрузо-выгрузочные операции, сутки

$$t_{ПВ} = \left(\frac{Q_c}{M_M} + \frac{2.5n}{M_{ж.д.}} \right) \frac{1}{24} \quad (11)$$

4. Заключение

Отображение взаимодействия порта и станции в символическом виде позволило формализовать процесс взаимодействия железнодорожного и морского транспорта при передаче контейнеропотока. Построение символической модели взаимодействия железнодорожного и морского транспорта позволяет перейти к другим этапам моделирования, например, к составлению алгоритма и программы моделирования работы порта и станции на ЭВМ.

5. Литература

- Козлов А.М., Гусева К.Г. Проектирование железнодорожных станций и узлов. – М.: Транспорт, 1981. – 591 с.
- Нормы технологического проектирования морских портов. РД 31.3.05-97. – М.: 1998.
- Правдин Н.В., Негрей В.Я. Взаимодействие различных видов транспорта в узлах. – Мн.: Выш. школа, 1983. – 247 с.

УДК 656.2

ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТА ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ

И.И. Осьминина

Аннотация

Одной из основных проблем организации движения является разработка наиболее экономичной системы организации вагонопотоков, и в частности, расчет плана формирования поездов. Рассмотрены теоретические методы и практические разработки в области автоматизации расчета плана формирования поездов и проблемы, возникающие при решении данной задачи в современных условиях изменения технологии эксплуатационной работы на железнодорожном транспорте. Разработаны методики автоматизированного получения исходных и нормативных данных для расчета плана формирования поездов, составления вариантов плана формирования, их оценки на основе многокритериального анализа и выбора из их числа наиболее рациональных.

Ключевые слова: организация вагонопотоков, план формирования поездов, автоматизированная система, многокритериальная оптимизация по Парето

Введение

Под планом формирования поездов (ПФП) понимается план технической маршрутизации или специализации поездов, формируемых из отдельных вагонов или групп вагонов на технических станциях (в отличие от отправительской маршрутизации, при которой поезда формируются на станциях массовой погрузки).

Расчет плана формирования поездов (ПФП) является сложнейшей комбинаторной задачей. Из великого множества возможных вариантов объединения струй надо выбрать один оптимальный.

1. Состояние вопроса и проблемы автоматизации расчета плана формирования поездов

Автоматизация расчета плана формирования поездов начинает свою историю с конца 40-х - начала 50-х годов.

Предлагаемые методы расчета ПФП условно подразделяют на точные (метод абсолютного расчета и его модификации) и приближенные (метод аналитических сопоставлений с различными модификациями).

Точные методы расчета ПФП даже с использованием современной техники не могут быть реализованы для большого числа станций, так как число вариантов ПФП, получаемых при данных методах, вычисляется по формуле:

$$N = 2^{\frac{(k-1)(k-2)}{2}}, \quad (1)$$

где k – число станций, используемых для расчета.

При быстрой вычислительной технике, равном 1 миллиарду операций в секунду для 24 расчетных станций требуется 2^{10} лет машинного времени (Попов А.И., 1967). Поэтому точные методы могут использоваться при расчете ПФП для направлений, содержащих не более 7 станций.

До 1993 года ГВЦ МПС производил расчеты сетевого ПФП по методу последовательного улучшения плана, являющегося развитием метода совмещенных аналитических сопоставлений. В настоящее время ГВЦ ОАО «РЖД» не рассчитывает сетевой ПФП по ряду причин, одной из которых является нестабильность вагонопотоков, не позволяющая рассчитать ПФП на длительный период.

В настоящее время решение о формируемых назначениях поездов на станциях принимается экспертно специалистами по организации вагонопотоков – инженерами по ПФП и руководящим составом служб перевозок железных дорог и ОАО РЖД – на основе информации отчетов ДО-17 (об исполненных вагонопотоках), ДО-1 (о передаче вагонов по

междудорожным стыковым пунктам) и других отчетов. Выработанные решения о назначениях поездов вносятся инженерами по ПФП в АС «Ведение сетевой книги ПФП» (разработки ГВЦ ОАО «РЖД»).

Таким образом, задача автоматизированного расчета плана формирования поездов остается актуальной в настоящее время.

Петербургский государственный университет путей сообщения разработал автоматизированную систему расчета плана формирования поездов (АС РПФП), которая позволяет рассчитывать ПФП с регулярностью раз в месяц в зависимости от колебания вагонопотоков.

2. Автоматизация расчета плана формирования поездов в увязке с действующими автоматизированными системами

В настоящее время, в условиях рыночной экономики, произошли изменения в системе планирования (Устав ж.д. транспорта РФ, 2003), которые привели к тому, что практически невозможно точно определить расчетные вагонопотоки на предстоящий период. В (Величко В.И., 2001) было показано, что в сегодняшних условиях объем перевозок на предстоящий месяц ближе к объему перевозок за предыдущий месяц, чем за тот же период предыдущего года.

Таким образом, исходными данными для расчета ПФП в настоящее время могут являться только данные о вагонопотоках между станциями полигона за предыдущий период.

Вагонопотоки, необходимые для расчета ПФП, складываются из местных вагонопотоков (зарождающихся и погашающихся на полигоне) и из транзитных с переработкой на станциях полигона вагонопотоков.

Анализ действующих на сети железных дорог автоматизированных систем по управлению перевозками показал, что для расчета сетевого ПФП необходимые данные можно получать из программного комплекса ЕК ИОДВ (Единый комплекс интегрированной обработки дорожной ведомости) сетевого уровня за предыдущий месяц.

Для расчета дорожного ПФП за основу необходимо взять данные ЕК ИОДВ за предыдущий месяц и дополнить их накопленными данными за тот же период по транзитным с переработкой вагонам из программного комплекса АСОУП (Автоматизированная система оперативного управления перевозками). Данные из ЕК ИОДВ выбираются по видам отправки – повагонная, группа вагонов, сцеп, сборная повагонная, комплект контейнеров, погруженных в вагон. Данные виды отправок условно будем называть «повагонные» в отличие от маршрутных видов отправок, не попадающих в расчетные данные.

Данные о вагонопотоках необходимо привязать к маршрутам следования для возможности агрегирования струй вагонопотоков в одном направлении.

Маршруты следования вагонов определяются по действующему на данный момент плану формирования поездов. Поэтому описание действующего ПФП должно присутствовать в качестве нормативной информации в автоматизированной системе расчета плана формирования.

Данное описание формируется в программном комплексе «Ведение сетевой книги ПФП» один раз в год при экспертной разработке ПФП и используется в АС РПФП.

Для удобства восприятия в АС РПФП данные об объемах и направлениях вагонопотоков отображаются на графической схеме полигона, формируемой в соответствии с нормативным описанием транспортной сети, которое содержится в программном комплексе «Ведение сетевой книги ПФП» (рис.1).

3. Проблемы достоверности входных и нормативных данных и пути ее повышения

Сравнение данных об отправлении и прибытии по станциям Куйбышевской и Октябрьской ж.д., где с 2001 года функционирует АС РПФП, с данными грузовых служб показал в отдельных случаях расхождение для повагонных и маршрутных отправок при совпадении в суммарных количествах вагонов.

Детальный анализ данных показал, что это расхождение происходит из-за принятого порядка взимания платежей за перевозки и, как следствие, оформления перевозочных документов на маршрутные отправки, когда вид отправки «маршрутная» проставляется только для тех маршрутных отправок, на которые предоставляются скидки с тарифа. Если скидки не предоставляются, в документах проставляется вид отправки «повагонная» или «группа вагонов». Эти данные попадают в программный комплекс ЕК ИОДВ.

Одним из вариантов решения данной проблемы может быть сопоставление данных о сформированных и расформированных маршрутных поездах, которые содержатся в поездной модели программного комплекса АСОУП, с данными об отправлении и прибытии вагонов (ЕК ИОДВ), выявляя в последних «повагонные» отправки, которые по данным АСОУП были отправлены в маршрутных поездах. Данный вариант реализован в АС РПФП.

Исследование данных о привязке вагонопотоков к маршрутам следования по действующему ПФП выявил проблему несоответствия нормативного ПФП (формируемого один раз в год) с действующим на дорогах ПФП, который часто корректируется.

Инженеры по плану формирования регулярно отправляют корректировки по ПФП на ИВЦ своих дорог, где инженеры, обслуживающие программный комплекс АСОУП, вносят эти изменения в массивы АСОУП.

Регулярно получая данные из программного комплекса АСОУП на отдельных железных дорогах и объединяя эти данные, можно получать актуальное описание ПФП для всей сети, что повысит достоверность информации и, соответственно, обеспечит правильный расчет сетевого и дорожных ПФП.

В АС РПФП разработан режим получения и использования нормативных данных по плану формирования из АСОУП в дополнение к нормативным данным из «Ведение сетевой книги ПФП».

4. Разработка алгоритма составления и многокритериальной оценки вариантов ПФП

Анализ известных методов и их интерпретаций, а также практика работы ж.д. показали, что наиболее целесообразно при расчете ПФП отталкиваться от так называемого среднесуточного объема вагонов, «снимаемых» с одного сортировочного пути. Или иначе от того количества вагонов, накапливаемых за сутки на сортировочном пути, достаточного для формирования самостоятельного назначения поездов (P) и групп вагонов (G).

Изменяя P и G от минимальных заданных значений (P_{min} , G_{min}) до максимальных (P_{max} , G_{max}) с каким-либо шагом (ΔP и ΔG соответственно), получаем конечное множество альтернатив:

$$\Theta_{PiGi} \in \Theta_{Pi \in P, Gi \in G} \quad (2)$$

Если заданные величины P и G одинаковы для всех станций, участвующих в расчете, число альтернатив вычисляется по формуле:

$$\theta = [(P_{max} - P_{min}) / \Delta P + 1] \times [(G_{max} - G_{min}) / \Delta G + 1] \quad (3)$$

При разработке АС РПФП решалась задача составления вариантов ПФП для большого количества станций, разветвленных участков и различных направлений вагонопотоков.

План формирования рассчитывается для станций, которые могут формировать поезда по своему техническому развитию. Список этих станций формируется на основе описания действующего на сети плана формирования поездов.

Алгоритм составления вариантов ПФП подробно изложен в (Ковалев В.И. и др., 2002).

До настоящего времени основным критерием при оценке ПФП является экономия вагонно-часов при организации вагонопотоков в поездах ().

В АС РПФП используется утвержденная в 1999 году ЦД МПС России методика многокритериальной оценки и поиска рациональных по Парето вариантов организации вагонопотоков, предложенная доктором наук Осьмининым А.Т., где вагонно-часы являются одним из критериев (Осьминин А.Т., 2000).

В соответствии с данной методикой для оценки вариантов ПФП предлагается рассчитывать значения нескольких критериев – вагонно-часы, вагонно-километры, энерго-затраты, потребное число локомотивов. Пользователь АС РПФП может выбирать, по каким критериям оценивать полученные варианты ПФП.

Для каждого варианта ПФП рассчитываются значения выбранных критериев и выбираются рациональные по Парето варианты ПФП.

Окончательный выбор оптимального варианта ПФП остается за пользователем системы (инженером по ПФП).

4. Заключение

В настоящее время АС РПФП внедрена на ряде железных дорог – Куйбышевской, Октябрьской, Северной, Калининградской, Московской, Приволжской, Юго-Восточной, Северо-Кавказской, Горьковской. Система также находится в опытной эксплуатации в Департаменте управления перевозок.

Опыт использования АС РПФП на железных дорогах показал ее необходимость при разработке и оперативной корректировке дорожных ПФП, а также при решении различных эксплуатационных задач, для которых система является источником данных о корреспондируемых вагонопотоках.

6. Литература

Попов А.И. Расчет на ЭЦВМ плана формирования поездов по способу направленного

- перебора вариантов / Железнодорожный транспорт. №2. – 1967.
- Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации. – М.: Контракт, 2003. – 128 с.
- Величко В.И. Организация взаимодействия железных дорог и грузоотправителей в современных условиях. Спец. 05.22.08. Управление процессами перевозок: Диссертация на соиск. уч. степени к.т.н. // РГОТУПС – М., 2001.
- Ковалев В.И., Осьминина И.И. Алгоритм составления вариантов плана формирования поездов в АС РПФП // Информационные технологии на железнодорожном транспорте: Доклады восьмой международной научно-практической конференции «ИНФОТРАНС-2003». – СПб.: 2003. – С.194-202.
- Осьминин А.Т. Рациональная организация вагонопотоков на основе методов многокритериальной оптимизации. Автореферат дис. на соиск. уч. ст. докт. техн. наук. – Самара, 2000.

УДК 656.224.072.4: 656.342

ПОСТРОЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВХОДНОГО ПАССАЖИРОПОТОКА МЕТРОПОЛИТЕНА

Д.С. Хрущева

Аннотация

В последние годы происходит увеличение пассажиропотока метрополитена. Поэтому важной задачей для научных исследований является математическое моделирование пассажиропотоков для их анализа и управления ими. В статье рассмотрена множественная линейная регрессионная модель сезонных изменений пассажиропотока. В качестве исходных данных для построения модели использованы реальные значения пассажиропотока, зафиксированные «Автоматизированной системой контроля оплаты проезда на метрополитене» (АСКОП-М).

Ключевые слова: математическая модель; множественная регрессия; пассажиропоток; АСКОП-М

Введение

Для решения ряда задач метрополитена необходимо полное представление о входном пассажиропотоке. Под входным пассажиропотоком будем понимать количество людей, вошедших в метрополитен за определенный интервал времени. Нужно исследовать, как изменяется входной пассажиропоток в зависимости от времени года и от

времени суток. Такую возможность дает математическая модель сезонных изменений. Ее можно построить с использованием линейной модели множественной регрессии.

1. Математическая модель

Естественным обобщением линейной парной регрессии является многомерная регрессионная модель или модель множественной регрессии:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + \dots + b_m x_{mi} + u_i, \quad i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

В матричной форме классическая модель множественной регрессии имеет вид:

$$\tilde{Y} = \tilde{X} \cdot b + u. \quad (2)$$

Здесь \tilde{Y} – вектор-столбец размерности $(n \times 1)$ выборочных значений генеральной совокупности Y (входного пассажиропотока).

Матрица \tilde{X} наблюдаемых значений факторов (времени суток и времени года имеет размерность $(n \times (m + 1))$). Добавление 1 к общему числу факторов m учитывает свободный член b_0 в уравнении регрессии. Значения фактора x_0 для свободного члена принято считать равными единице.

Вектор b – вектор-столбец размерности $((m + 1) \times 1)$ неизвестных, подлежащих оценке параметров модели (коэффициентов регрессии);

u – случайный вектор-столбец размерности $(n \times 1)$ ошибок наблюдений.

В развернутой форме:

$$\tilde{Y} = \begin{pmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_i \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}, \quad \tilde{X} = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{m1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{1i} & \dots & x_{mi} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & x_{1n} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \vdots \\ b_i \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}, \quad u = \begin{pmatrix} u_1 \\ \vdots \\ u_i \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Для данной задачи $m = 2$ и множественная регрессионная модель принимает вид:

$$y_i = b_0 + b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + u_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где x_{1i} – время суток, x_{2i} – время года.

Оценка параметров многомерной модели, как и в случае парной регрессии, осуществляется обычно классическим методом наименьших квадратов. МНК-оценки в матричной форме находят по формулам:

$$\hat{b} = (\tilde{X}^T \tilde{X})^{-1} \tilde{X}^T \tilde{Y}. \quad (5)$$

Исходными данными для моделирования служат значения годового входного пассажиропотока по средам на станции «Ломоносовская» метрополитена Санкт-Петербурга. Поскольку пассажиропоток в выходные дни, приходящиеся на среды, значительно меньше, то соответствующие значения пассажиропотока считаются выбросами и в построении модели не участвуют.

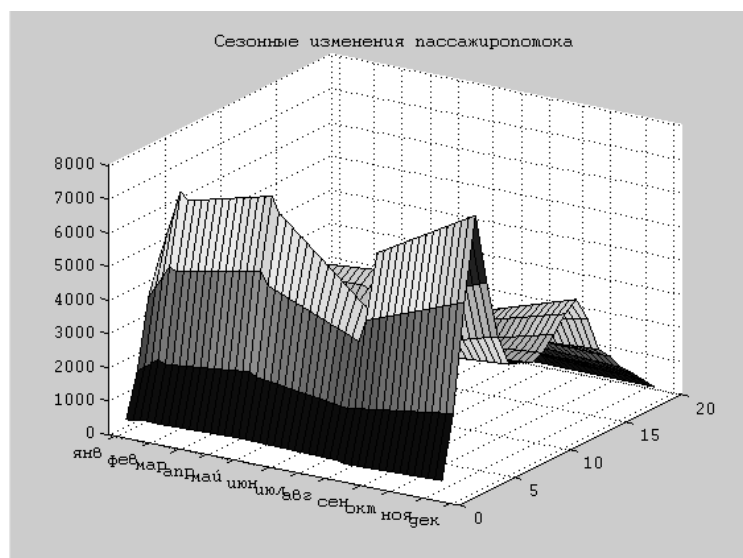


Рис. 1. Множественная линейная регрессионная модель.

Для наиболее точного представления исходного пассажиропотока построена кусочно-плоскостная модель. Для этого промежутки значений каждого фактора разбиты на 4 части, на каждой из которых строится линейная модель множественной регрессии.

Полученная поверхность приведена на рисунке 1.

2. Заключение

Модель имеет аналитическое задание. Можно оценить ее качество и сделать по ней прогноз сезонного изменения входного пассажиропотока с заданной степенью точности.

3. Литература

Айвазян С.А., Мхитарян В.И. Прикладная статистика и эконометрика. – М.: ЮНИТИ, 1998.

Подвижной состав

УДК 629.432:629.423.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПОТЕРЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ В РЕЖИМЕ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ ГРУЗОВОГО ЭЛЕКТРОВОЗА ПОСТОЯННОГО ТОКА

А.А. Богдан

Аннотация

Анализ электромагнитных процессов в режиме рекуперативного торможения требуется при разработке силовой схемы на основе микропроцессорных систем управления (МПСУ) и IGBT транзисторах. Рассмотрены вопросы разработки схем замещения силовой цепи электровоза с использованием модели тягового двигателя.

Ключевые слова: рекуперативное торможение; схема замещения; математическое моделирование

Введение

Потеря потребителя в режиме рекуперативного торможения приводит к резкому увеличению напряжения, что может быть опасным для электрического оборудования электровоза. Предлагается разработка на базе IGBT транзистора с МПСУ, позволяющая как защитить оборудование от повреждения, так и повысить надежность электрического торможения. В работе проведен анализ электромагнитных процессов, возникающих при переходе с рекуперативного торможения на реостатное.

1. Разработка схемы замещения участка тяговой сети

Для анализа электромагнитных процессов, происходящих в режиме рекуперативного торможения, участок системы тягового электроснабжения заменяется схемой замещения изображенной на рис.1.

На рис.1 приняты следующие обозначения:

E1-E3 – напряжения холостого хода тяговых подстанций;

VD1-VD3 – диоды, препятствующие протеканию обратного тока через подстанцию;

R1-R4 – сопротивления контактной сети;

R5-R8 – сопротивления рельсовой цепи;

$I_{потр}$, $I_{рек}$ – токи электровозов, находящихся в режиме тяги и рекуперации соответственно.

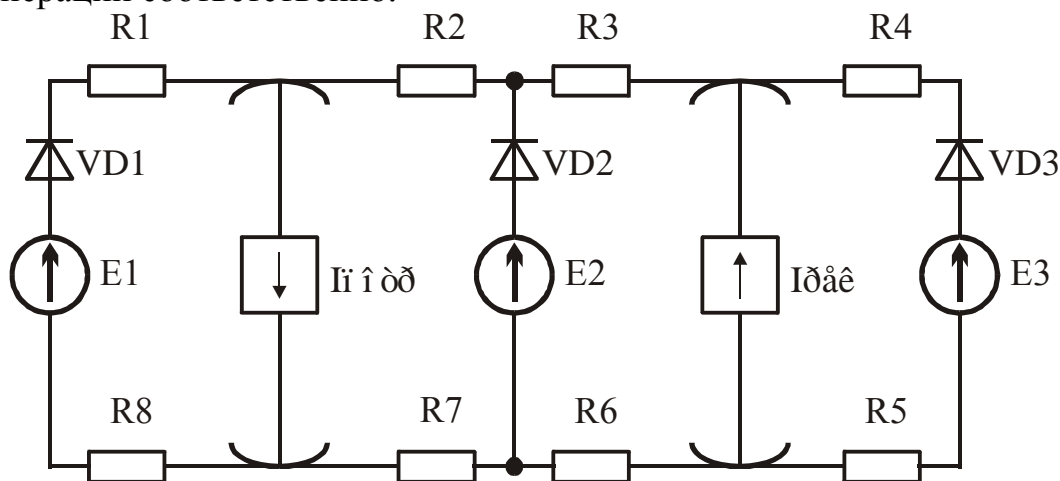


Рис.1. Схема замещения участка тяговой сети

2. Модель тягового электродвигателя ТЛ-2К1

Модель тягового электродвигателя (ТЭД) является обратимой (может использоваться как в двигательном, так и в генераторном режиме). Особенностью модели является то, что для учета влияния вихревых токов в нее введены инерционные звенья направленного действия.

Магнитный поток ТЭД ($C\Phi$) состоит из двух составляющих – основной ($C\Phi_1$) и суммарной гармонической ($C\Phi_2$):

$$C\Phi = C\Phi_1 + C\Phi_2. \quad (1)$$

Как следует из исследований, приведенных в (Жиц, Меер Залманович, 1974):

$$C\Phi_1 + T_{1вх} \frac{dC\Phi_1}{dt} = 0,66 \cdot f(I_B), \quad (2)$$

$$C\Phi_2 = 0,34 \cdot f(I_B), \quad (3)$$

где $T_{l_{\text{ex}}}$ – постоянная времени контура вихревых токов для основной составляющей магнитного потока. По опытным данным (Отчет о НИР, 1977) принято $T_{l_{\text{ex}}} = 0,34 \text{ с}$;

$f(I_{\text{в}})$ – функция магнитного потока от тока возбуждения.

Используемая для расчетов, аппроксимированная кривая намагничивания имеет вид:

$$f(I_{\hat{a}}) = \frac{\tilde{N}\hat{O}_i}{1,2} \cdot \arctg\left(\frac{2,6 \cdot I_{\hat{a}}}{I_{\hat{a}i}}\right), \quad (4)$$

где $I_{\text{нн}}$ – номинальное значение тока возбуждения ТЭД;

$\tilde{N}\hat{O}_i$ – номинальное значение магнитного потока ТЭД.

В результате преобразования системы уравнений (1), (2), (3) и приведения ее к операторному виду получаем выражение для вычисления изменения магнитного потока:

$$\Delta C\Phi(p) = \frac{0,34 \cdot T_{l_{\text{вх}}}p + 1}{T_{l_{\text{вх}}}p + 1} \cdot f(\Delta I_{\text{в}}(p)), \quad (5)$$

где p – оператор Лапласа.

Моделирование электромагнитных процессов в силовой цепи электровоза произведено с использованием приложения Simulink среды MatLab.

3. Результаты моделирования режима потери потребителя при рекуперативном торможении

Для моделирования режима потери потребителя принят следующий вариант: в пределах соседних фидерных зон находятся два электровоза – один в режиме тяги на последовательном соединении тяговых электродвигателей, другой – в режиме электрического рекуперативного торможения на параллельном соединении тяговых электродвигателей. Имитация режима потери потребителя осуществляется разрывом силовой цепи электровоза, находящегося в режиме тяги, в соответствии со схемой замещения участка тяговой сети (рис.1).

На рис.2 приведена кривая напряжения контактной сети на токоприёмнике электровоза для случая отсутствия системы замещающего реостатного тормоза; на рис.3 – для случая перехода на замещающий реостатный тормоз при потере потребителя.

Как следует из результатов моделирования, при отсутствии на электровозе серии ВЛ10 системы замещающего реостатного тормоза, при потере потребителя в режиме рекуперативного торможения, наблюдается кратковременное увеличение напряжения на токоприемнике рекуперирующего электровоза свыше 4000 В. Такой режим является опасным для тяговых электродвигателей. В случае оборудования электровоза системой замещающего реостатного тормоза увеличение напряжения не превышает уровня 4000 В.

4. Заключение

Разработанная модель силовой цепи электровоза с использованием описанной модели тягового двигателя позволяет анализировать переходные процессы, протекающие в динамических режимах (например, при потере потребителя в контактной сети при рекуперативном торможении).

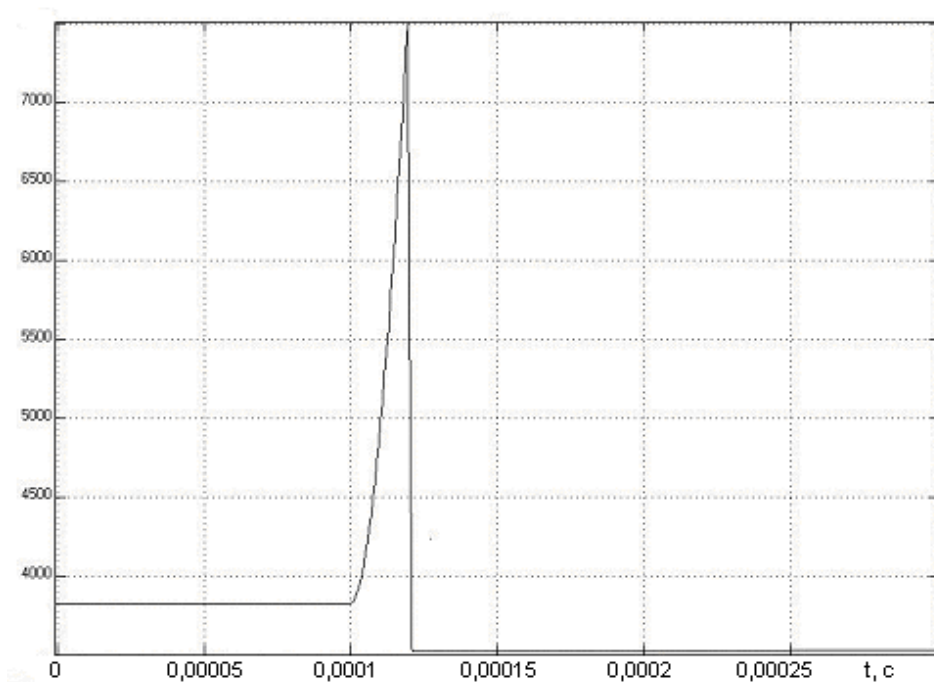


Рис.2. Зависимость напряжения в контактной сети (В) от времени (с)
(схема без замещающего реостатного торможения)

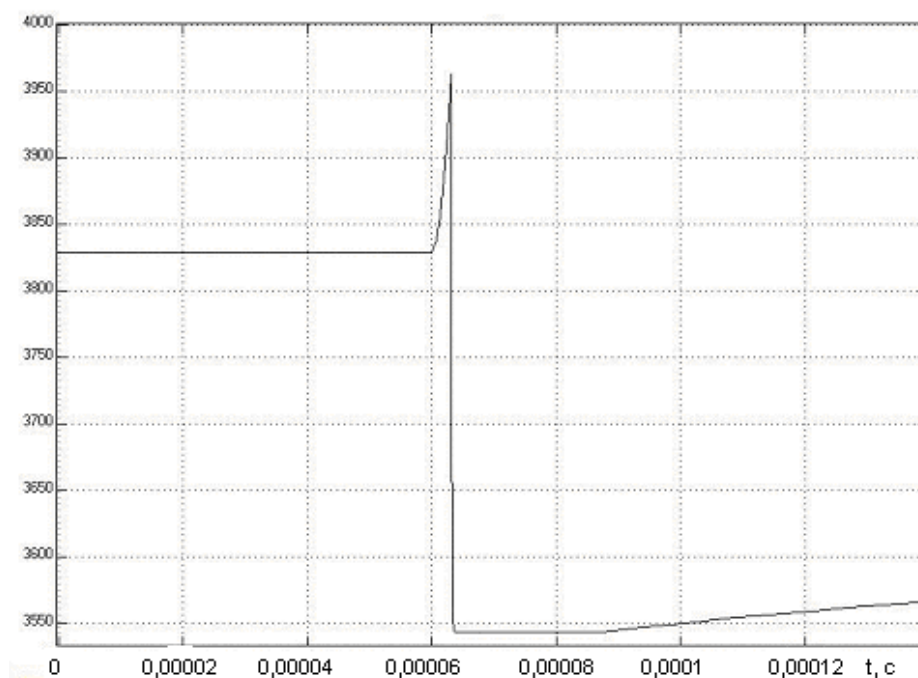


Рис.3. Зависимость напряжения в контактной сети (В) от времени (с)
(схема с замещающим реостатным торможением)

Применение в схеме рекуперативного торможения, замещающего реостатного приводит к повышению надежности и улучшению эксплуатационных свойств системы.

5. Литература

- Рюденберг Р. Переходные процессы в электроэнергетических системах. – М.: Издательство иностранной литературы, 1955.
Жиц М.З. Переходные процессы в машинах постоянного тока. – М.: Энергия, 1974.
Отчет о НИР «Исследование тяговых и тормозных режимов электровоза со статическим возбудителем». 76.046.702. – ЛИИЖТ, 1977.

УДК 62 – 83:621.313.3

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПУСКАТЕЛЬ ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

В.Г. Герасимов

Аннотация

С целью экономии электроэнергии, затрачиваемой поршневыми компрессорами на сжатие газа, предлагается заменить релейно-контакторные схемы запуска приводных асинхронных электродвигателей этих компрессоров на специализированные электронные устройства – пускатели, силовые схемы которых предлагается изготавливать на основе современной элементной базы – IGBT-транзисторах. Рассмотрены различные реализации таких силовых схем исходя из специфики электропривода компрессора.

Ключевые слова: компрессор; асинхронный электродвигатель; КПД

Введение

Как известно, производство сжатого воздуха представляет собой очень энергоёмкий технологический процесс – до 25% всех энергоресурсов промышленных, добывающих и транспортных предприятий тратится именно на его осуществление (Захаренко С.Е. и др., 1961). Поэтому уменьшение таких больших энергетических затрат представляет собой практический интерес.

Поршневые компрессоры средней и большой производительности, которые используются в промышленности и на транспорте для производства сжатого воздуха, как правило, работают с непостоянной нагрузкой. Для них характерен следующий рабочий цикл: нагнетание газа (в ресивер) и холостой ход. Во время холостого хода энергия, которую потребляет компрессор, бесполезно расходуется на частичное сжатие и перегонку газа по трубопроводам, а так же преодоление сил трения (Захаренко С.Е. и др., 1961). Необходимость холостого хода обусловлена тем, что запуск компрессора из состояния покоя крайне отрицательно сказывается на долговечности его механических узлов и деталей (Захаренко С.Е. и др., 1961).

1. Современное состояние электропривода поршневого компрессора

Чтобы оценить величину энергии, потребляемой компрессором, необходимо определить среднюю мощность, потребляемую приводным электродвигателем за весь рабочий цикл. Средняя мощность, потребляемая двигателем компрессора, в этом случае определяется следующим образом:

$$P_{\text{ср}} = (P_{\text{наг}} t_{\text{наг}} + P_{\text{х.х}} t_{\text{х.х}}) / (t_{\text{наг}} + t_{\text{х.х}}) \quad (1)$$

где: $P_{\text{наг}}$ – мощность, потребляемая приводным электродвигателем во время нагнетания газа в ресивер, $P_{\text{х.х}}$ – мощность, потребляемая приводным электродвигателем во время холостого хода компрессора, $t_{\text{наг}}$, $t_{\text{х.х}}$ – время нагнетания и время холостого хода соответственно.

Для сведения к минимуму P_{CP} электроприводы компрессоров средней и большой производительности обычно комплектуют многоскоростными (обычно двухскоростными) асинхронными двигателями с релейно-контакторной системой управления, которые позволяют переводить компрессорные машины во время их холостого хода на пониженные обороты.

Действительно, в силу того, что произведение $P_{НАГ}t_{НАГ}$ мало зависит от скорости вращения коленчатого вала компрессора, единственным способом снижения P_{CP} на сегодняшний день являлось и является уменьшение $P_{ХХ}$ (т.к. $t_{ХХ}$ не зависит от $t_{НАГ}$). В самом деле, если работа, затрачиваемая на преодоление сил трения прямо пропорциональна частоте вращения вала компрессора, то работа, затрачиваемая на частичное сжатие и перегонку газа через трубопроводы прямо пропорциональна квадрату этой скорости (Захаренко С.Е. и др., 1961).

Однако, к сожалению, многоскоростные электродвигатели не позволяют произвести достаточное снижение числа оборотов коленчатого вала компрессора в силу того, что количество пар полюсов (а частота вращения ротора асинхронного электродвигателя обратно пропорциональна числу пар полюсов) есть число дискретное. Поэтому при числе пар полюсов, скажем четыре, скорость компрессора, как правило, не достаточно низкая (конструкция машины допускает более низкую скорость), а при числе пар пять – уже недопустимо низкая. Следовательно, при таком исполнении электропривода достичь теоретически допустимого минимума P_{CP} (или вплотную к нему приблизиться) не представляется возможным.

2. Обоснование применения электронного пускателя для асинхронного электропривода поршневого компрессора

Преодолеть указанную трудность можно лишь одним путём – заменить релейно-контакторную схему запуска электропривода на специализированный электронный пускатель. Данное устройство должно обеспечивать плавный (без больших пусковых токов) пуск электродвигателя, в том числе и переключение его с одних оборотов на другие (при номинальном напряжении питания). Кроме того, оно так же должно обеспечивать уменьшение частоты вращения ротора электродвигателя в режиме холостого хода за счёт одновременного уменьшения частоты и величины подаваемого на двигатель напряжения. Это позволит уменьшить как потребление электродвигателем энергии во время холостого хода, так и уменьшить износ механических частей компрессора. Кроме того, за счёт снижения величины пусковых токов и

плавности нарастания скорости, с которой вращается вал компрессора, можно будет осуществлять, при необходимости, более частый его пуск.

С целью возврата энергии, запасённой во время работы компрессора его маховиком обратно в сеть при снижении числа оборотов электродвигателя, данный пускатель должен обеспечивать инвертирование электрической энергии обратно в сеть.

Хотя электронный пускатель всегда будет обладать более низким КПД, нежели релейно-контакторная схема запуска двигателя, однако, как показывают предварительные расчёты, оснащение компрессорной установки таким устройством позволит уменьшить среднюю мощность, потребляемую приводным двигателем примерно на 10 – 15% и более (расчёт произведён для компрессора марки 2ВМ4-27/9 производства московского ОАО «Борец»).

3. Силовая схема электронного пускателя

При создании вышеназванного электронного пускателя, исходя из особенностей работы компрессорной установки, особое внимание следует уделить как реализации силовой части схемы, так и принципам управления этой силовой частью. В настоящей статье рассмотрены только принципы построения силовой части схемы на сравнении двух вариантов: силовая схема на основе двухзвенного преобразователя частоты и схема на основе непосредственного преобразователя частоты (НПЧ). Принципам управления силовой частью электронного пускателя посвящена отдельная статья.

1. Силовая схема на основе двухзвенного преобразователя частоты.

Описываемое здесь устройство должно включать в себя (рис.1) следующие элементы. Звено постоянного тока 1, преобразующее 3-х фазное напряжение переменного тока в напряжение постоянного тока, фильтр 2, звено переменного тока 3, преобразующее полученное напряжение постоянного тока в 3-х фазное переменное необходимой частоты и величины. С целью увеличения КПД всего электропривода в целом, когда приводной электродвигатель работает при рабочей нагрузке, данное устройство необходимо дополнить «электронными контакторами» 4. Эти «контакторы» должны будут подключать электродвигатель непосредственно к сети переменного тока, когда компрессор работает в номинальном режиме (или в режиме нагнетания газа при скорости вращения коленчатого вала, равной 50% от номинала) и переключать его на звено переменного тока, когда требуется холостой ход.

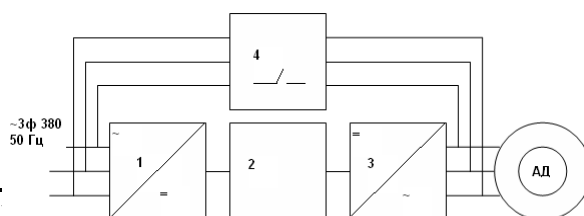


Рис. 1. Структурная схема двухзвенного преобразователя частоты

2. Непосредственный преобразователь частоты.

В НПЧ с помощью полупроводниковых ключей $a_1 - a_3$, $b_1 - b_3$, $c_1 - c_3$ (рис.2) должно осуществляться чередующиеся соединения входных и выходных выводов. Таким образом, из участков кривых напряжений источника переменного тока будет осуществляться синтез кривых выходного напряжения заданных частоты и амплитуды, которое и будет подаваться на асинхронный двигатель (Чехет Э.М. и др., 1988). В настоящее время с появлением высокочастотных силовых транзисторов (IGBT) стало технически осуществимым создание высококачественных непосредственных преобразователей частоты с широтно-импульсной модуляцией (НПЧ-ШИМ) (Волков А.В., № 9, 2002). В случае, когда электропривод компрессора работает в номинальном режиме, данный преобразователь может работать в режиме «электронных контакторов», обеспечивающих непосредственное подключение электродвигателя к питающей сети. Таким образом, используя это схемное решение, мы обеспечиваем минимально возможное количество ступеней преобразования электроэнергии.

В общем случае, выходное напряжение $u_{выхl}$ такого преобразователя, имеющего q -фазную систему напряжений питания и l выходных фаз, описывается соотношением (Чехет Э.М. и др., 1988):

$$u_{\dot{a}i\dot{a}i} = \sum_{i=1}^q \hat{O}_{il}(t) u_{\dot{a}i}(t) \quad (2)$$

где: $\Phi_{il}(t)$ – система коммутационных функций, описывающая процессы коммутации в каждой из q -фаз питания для каждой из l выходной фазы.

Так как напряжение на входе преобразователя является изначально заданным, то напряжение на его выходе целиком и полностью зависит от коммутационных функций $\Phi_{il}(t)$, которые формируются системой управления силовыми ключами преобразователя.

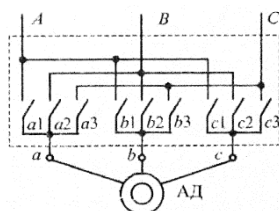


Рис. 2. Структурная схема НПЧ.

Для асинхронных двигателей мощностью 3 кВт и более, которые получают питание от предложенных выше электронных устройств с частотой модуляции силовых ключей свыше 1 кГц, относительное значение амплитуды модуляционных пульсаций потокосцепления ротора не будет превышать 0,1% (Волков А.В., № 9, 2002). Это является достаточным, чтобы точно определить момент на валу приводного электродвигателя косвенными методами, предложенными в (Волков А.В., № 6, 2002) с целью обеспечения его максимально возможного КПД во время холостого хода компрессора (хотя асинхронный электродвигатель, питаемый от НПЧ, имеет несколько более низкий КПД, нежели при питании его от инвертора напряжения).

4. Заключение

Сравнивая две рассмотренные здесь структурные схемы можно сделать вывод о том, что схемная реализация второго варианта потребует меньшее количество силовых элементов, а, значит, при прочих равных условиях будет иметь большую надёжность. Кроме того, там, где это необходимо по каким-либо соображениям до конца не отказываться от релейно-контакторной системы управления, пускатель на основе НПЧ может быть подключен в параллель к релейно-контакторной схеме.

Тем не менее, для окончательного выбора варианта схемной реализации силовой части электронного пускателя с целью обеспечения минимума потерь в системе асинхронный двигатель – преобразователь на всём протяжении рабочего цикла компрессора требуется дальнейшее продолжение уже начатых автором экспериментальных работ.

Применение электронных пускателей, описываемых в настоящей статье, позволит сэкономить предприятиям сотни тысяч рублей. Это связано непосредственно как с экономией самой электроэнергии, так и с уменьшением износа механических частей и деталей самих компрессорных машин. Выполненные нами предварительные расчёты показывают, что уменьшение износа составляет около 12%.

5. Литература

- Захаренко С.Е., Анисимов С.А., Дмитриевский В.А., Карпов Г.В., Фотин Б.С. Поршневые компрессоры. – М., Л.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961.
- Чехет Э.М., Мордач В.П., Соболев В.Н. Непосредственные преобразователи частоты для электропривода. – Киев: Наукова думка, 1988.

- Волков А.В. Анализ электромагнитных процессов и регулирование асинхронных частотно-управляемых электроприводов с широтно-импульсной модуляцией. – Электротехника. 2002. № 9. – С. 13-21.
- Волков А.В. Идентификация потокосцепления ротора частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя. – Электротехника. 2002. № 6. – С. 41-47.

УДК 629.423.31:621.314.2.6883

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ОСЛАБЛЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ

А.М. Евстафьев

Аннотация

В статье рассмотрены принципы построения схемы и компьютерной модели электронного шунта для тягового двигателя постоянного тока.

Ключевые слова: тяговый двигатель постоянного тока; ослабление возбуждения; электронный шунт

Введение

Использование индуктивных шунтов и контакторной системы вывода шунтирующих резисторов в схемах ослабления возбуждения, как правило, позволяет реализовать не более шести ступеней регулирования, что не позволяет полностью реализовать силу тяги, развиваемую тяговыми двигателями. Современные средства силовой электроники позволяют построить системы ослабления возбуждения тяговых двигателей, без ограничения числа ступеней регулирования исключив использование дорогостоящих индуктивных шунтов.

1. Особенности построения электронных систем ослабления возбуждения

При разработке электронных шунтов необходимо учесть следующие ограничения, накладываемые отсутствием индуктивности в шунтирующей цепи: при быстром нарастании тока двигателя вызванном увеличением напряжения контактной сети или в процессе регулирования, нарастающий ток пойдет преимущественно через шунтирующую цепь выполненную на резисторах, так как ЭДС самоиндукции обмотки возбуждения

препятствует нарастанию тока. Ток возбуждения I_B будет оставаться постоянным в то время, как ток якоря I_A возрастет. Следовательно, коэффициент ослабления возбуждения β – будет уменьшаться, что означает дополнительное ослабление возбуждения двигателя.

Для нестационарного режима, в схеме ослабления возбуждения без индуктивного шунта:

$$i_e \cdot R_e + L_e \cdot \frac{di_e}{dt} = i_{ш} \cdot R_{ш}, \quad (1)$$

$$\beta \cdot i_A \cdot R_e + L_e \cdot \beta \cdot \frac{di_A}{dt} = (1 - \beta) \cdot i_A \cdot R_{ш}. \quad (2)$$

Из решения этих уравнений видно, что при переходных процессах сопротивление электронного шунта должно изменяться по экспоненциальному закону в соответствии с законом изменения тока в индуктивном шунте

$$R_{эш} = \frac{\beta}{(1 - \beta)} \cdot R_e \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T_{эш}}}) = R_{ш} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T_{эш}}}), \quad (3)$$

где $T_{эш}$ – постоянная времени:

$$T_{эш} = \frac{L_e + L_{шш}}{R_e + R_{шш} + R_{ш}}, \quad (4)$$

где $L_{шш}$, $R_{шш}$ – индуктивность и сопротивление заменяемого индуктивного шунта.

В устройствах электронного регулирования выполнение этого требования достигается изменением приращения сопротивления при постоянном времени дискретизации, что позволяет использовать стандартную схему цифроаналогового преобразователя (ЦАП), который преобразует двоичный код на входе ЦАП в пропорциональный ему ток или напряжение на выходе.

2. Функциональная схема электронного шунта

Функциональная схема электронного шунта реализующего закон непрерывного регулирования ослабления возбуждения тягового двигателя приведена на рис.1. При включении контактора $Kш$ параллельно обмотке возбуждения $ОВ$ тягового двигателя подключается электронный шунт

выполненный на силовых ключах $VT1-VT4$ последовательно с которыми включены резисторы $R_1 - R_4$ соответственно. Управление силовыми ключами осуществляет блок управления (БУ). Силовые ключи включаются, когда на их управляющий электрод подано напряжение высокого уровня с соответствующего выхода блока управления, и выключаются когда напряжение на управляющем электроде равно нулю. Величины сопротивлений резисторов $R_1 - R_4$ должны быть выбраны такой величины, чтобы суммарный ток в цепи электронного шунта был равен

$$I_{ш} = (1 - \beta) \cdot I_{я}, \quad (5)$$

а общее сопротивление электронного шунта:

$$R_{эш} = \frac{\beta \cdot R_g}{(1 - \beta)}. \quad (6)$$

Для выбранной схемы ЦАП, оно соответствует величине:

$$R_{эш} = R_1 \cdot \frac{1}{2^n \cdot z_n + 2^{n-1} \cdot z_{n-1} + \dots + 2^1 \cdot z_1 + 2^0 \cdot z_0}, \quad (7)$$

где z – состояние i -ого силового ключа («включен» или «выключен»);

n – разрядность ЦАП;

R_1 – сопротивление в цепи силового ключа младшего разряда.

Соответственно сопротивления в старших разрядах ЦАП:

$$R_2 = \frac{R_1}{2}, R_3 = \frac{R_1}{4}, R_4 = \frac{R_1}{8}. \quad (8)$$

Время, в течение которого состояние ЦАП изменится от минимального значения $z_{\min} = 0$ до максимального $z_{\max} = z^n + z^{n-1} + \dots + z^1 + z^0$, должно соответствовать времени переходного процесса в индуктивном шунте согласованном с тяговым двигателем.

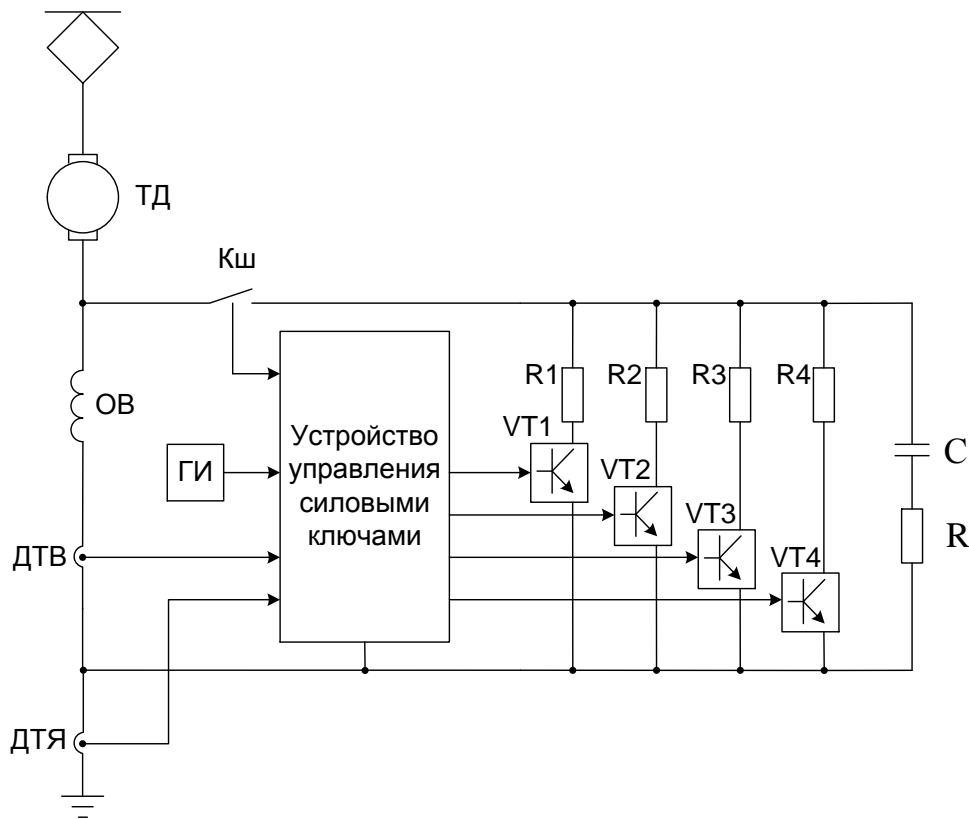


Рис.1. Функциональная схема электронного шунта

$$T_{\text{ЦАП}} = 3 \cdot \tau = \frac{3 \cdot \beta \cdot L_{\sigma}}{(1 - \beta) \cdot R_{\sigma}}, \quad (9)$$

так как величина z изменяется от минимального до максимального значения за 2^n – тактов, то период импульсов управления будет:

$$T_{\text{имп.упр.}} = \frac{T_{\text{ЦАП}}}{2^n}, \quad (10)$$

учитывая (10)

$$T_{\text{имп.упр.}} = \frac{3 \cdot \beta \cdot L_{\sigma}}{2^n \cdot (1 - \beta) \cdot R_{\sigma}}. \quad (11)$$

При увеличении тока тягового двигателя больше допустимой величины $I_{\text{я}} > I_{\text{max}}$ блок управления ЦАП должен ограничить ток в цепи шунтирования обмотки возбуждения, выключив силовые ключи VT1 – VT4, при этом весь ток тягового двигателя пойдет через обмотку возбуждения. Такой режим не опасен для тягового двигателя, так как при этом двигатель работает на полном возбуждении, а ослабление возбуждения произойдет

постепенно при последующих циклах изменения состояния ЦАП от z_{\min} до z_{\max} .

3. Компьютерное моделирование электронного шунта

Исследования работы схемы электронного шунта проводились с помощью прикладного пакета Multisim. Модель электронного шунта была выполнена с помощью программы MatLab 6.5. На рис. 2 и рис. 3 приведены графики нарастания тока в электронном шунте и зависимость изменения коэффициента ослабления возбуждения $\beta(z)$ в разработанном

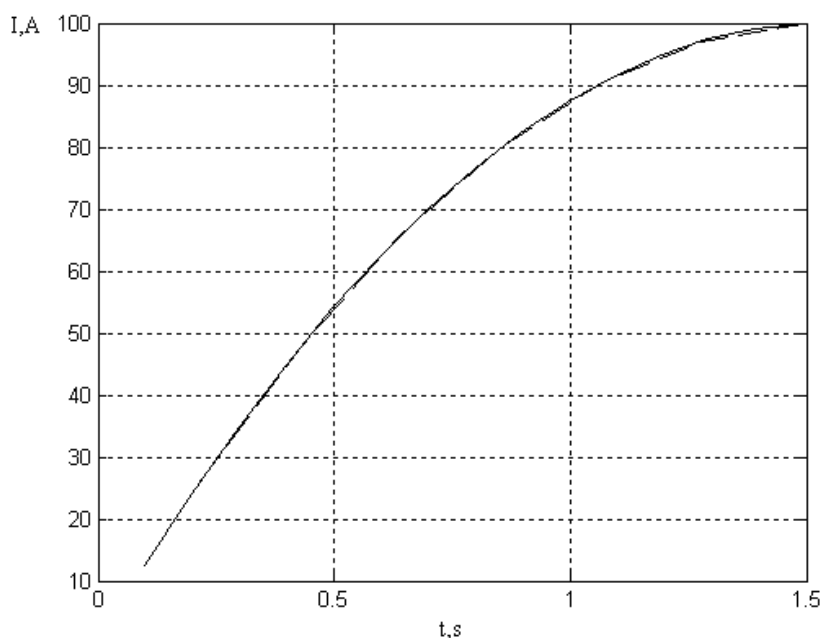


Рис.2. График нарастания тока в электронном шунте

электронном шунте для замены индуктивных шунтов в электропоездах серии ЭР2. Из полученных графиков видно, что изменения тока электронного шунта и коэффициента ослабления возбуждения происходят в соответствии с условиями, сформулированными в пунктах 1 и 2. Аналогичные результаты получены для модели схемы ослабления возбуждения электропоезда ЭТ2.

4. Заключение

Разработаны схема электронного шунта с плавным регулированием ослабления возбуждения и математическая модель электронного шунта, реализованная в программе MatLab 6.5. Получено аналитическое выражение закона изменения сопротивления электронного шунта.

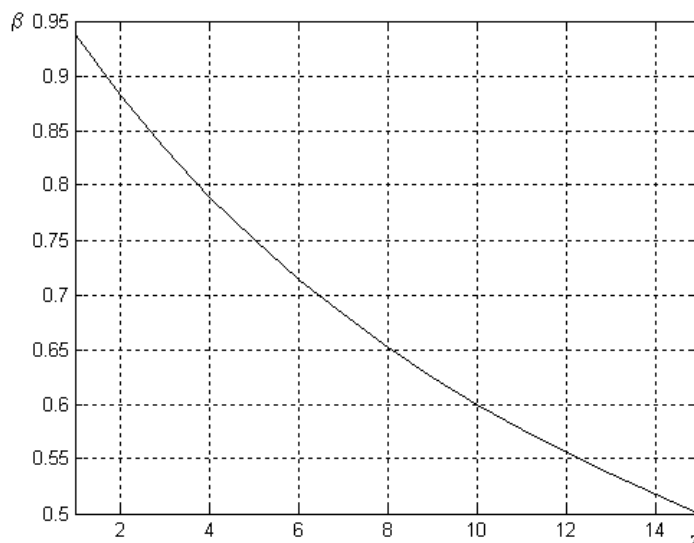


Рис.3. Зависимость изменения коэффициента ослабления возбуждения

УДК 629.4.027:629.46

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ И ПАРАМЕТРОВ МЕЖОСЕВЫХ СВЯЗЕЙ ТЕЛЕЖЕК НА ХОДОВЫЕ КАЧЕСТВА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Е.А. Рудакова

Аннотация

В работе представлены результаты многовариантных расчетов динамических качеств вагона на трехэлементных тележках с упругим соединением колесных пар и боковых рам с использованием моделей различной степени детализации. Установлены области существования сочетаний параметров межосевых связей и центрального подвешивания, обеспечивающие выполнение требований устойчивости, ходовых качеств и безопасности движения вагонов по прямым и кривым участкам пути.

Ключевые слова: трехэлементные тележки; межосевые связи

Введение

Перспективное развитие железнодорожного транспорта России предусматривает создание типоразмерного ряда ходовых частей грузовых вагонов, включающего тележку с осевой нагрузкой 25 т и

конструкционной скоростью 120 км/ч. В тележке традиционной трехэлементной конструкции при движении по прямым участкам пути со скоростями свыше 70 км/ч возникает влияние колесных пар, которое приводит к ограничению скорости по показателям ходовых качеств и безопасности от схода с рельсов. В кривых участках пути тележка принимает параллелограммную конфигурацию и при повышении осевой нагрузки создает недопустимые боковые силы, действующие на путь.

Конструктивным решением, позволяющим одновременно повысить устойчивость и улучшить вписывание в кривую, является использование в тележке дополнительных связей между осями колесных пар. В связи с этим актуальными являются исследования по обоснованию конструктивной схемы и параметров ходовых частей с различными видами межосевых связей.

1. Выбор основных параметров ходовых частей грузовых вагонов с использованием моделей движения различной степени сложности

1.1. Модели движения грузовых вагонов на тележках с различными типами межосевых связей

Предварительный анализ обобщенной изгибной и сдвиговой жесткости тележки (Рудакова Е.А., 2003), в которой роль межосевых связей выполняет горизонтально-упругая трехэлементная рама, показал, что данная конструктивная схема позволяет реализовать достаточно высокий, но не оптимальный уровень критической скорости с сохранением качества вписывания в кривые. Введение дополнительных межосевых связей в виде прямых рычагов Г. Шеффеля (А. Orlova, 2002) позволяет повысить устойчивость с сохранением способности радиальной установки колесных пар в кривой. Выбор рациональных параметров межосевых связей и центрального подвешивания тележки с упругим соединением колесных пар и боковых рам требует проведения исследований на динамических моделях вагона.

Для исследования устойчивости, ходовых качеств и безопасности движения использовались две модели. Для определения асимптотической устойчивости невозмущенного движения разработана упрощенная модель с квазилинейным контактным взаимодействием между колесом и рельсом, а для определения устойчивости, обусловленной внешними воздействиями, ходовых качеств на прямом и криволинейном участке пути – детализированная нелинейная модель с описанием контакта между колесом и рельсом по нелинейной модели Калкера.

Помимо контакта колесо – рельс, основным отличием моделей было различное описание работы элементов центрального подвешивания и связи кузова вагона с надрессорной балкой. Центральное подвешивание было

разбито на несколько элементов связей: пружины под наддресорной балкой, подклиновья пружина, клин-наддресорная балка, клин-боковая рама. В линеаризованной модели для описания работы элементов подвешивания использовался упругий элемент, реализующий жесткости и демпфирование в трех направлениях перемещения и поворота. В нелинейной модели клин моделировался отдельным телом и для описания его работы использовался элемент сухого трения с переменным прижатием; в вертикальном направлении задана билинейная силовая характеристика пружин, расположенных под наддресорной балкой.

В обеих моделях в связи колесных пар с боковыми рамами использовался элемент, реализующий жесткости в трех направлениях перемещения и поворота. В случае тележки без дополнительных межосевых связей упругий элемент, моделирующий их работу, имел обнуленное значение параметров. Дополнительно в нелинейной модели были ограничены продольные и поперечные перемещения в буксовом узле элементом – упором, а элементом, позволяющим реализовать наличие зазора и его замыкание, описывалась работа скользунов.

1.2. Выбор параметров ходовых частей на динамических моделях

Линеаризованная модель позволила установить, что в конструктивной схеме трехэлементной тележки без дополнительных межосевых связей существенное влияние на критическую скорость оказывает продольная жесткость упругой связи колесных пар с боковыми рамами и продольная жесткость рессорного комплекта центрального подвешивания, а также угловая жесткость центрального подвешивания при забегании боковых рам. Введение в конструкцию прямых межосевых связей способствует повышению критической скорости. Это позволило предварительно установить диапазон параметров, обеспечивающих устойчивое движение порожнего и груженого вагона до скорости 120 км/ч.

Оценка рационального диапазона параметров ходовых частей по показателям динамических качеств вагона производилась с использованием полностью нелинейной модели вагона с учетом неровностей рельсового пути.

Выбор характеристик производился по критерию поперечных ускорений, рамных сил и коэффициенту запаса устойчивости колеса от схода с рельсов порожнего и груженого вагона. В связи с тем, что мгновенное значение коэффициента запаса устойчивости порожнего вагона может лежать ниже допускаемого, при анализе была использована вероятность превышения нормативного значения ($[k_{yc}] = 1,3$), безопасный уровень которой был принят равным 97 %. Некоторые из полученных, для

тележки с упругим соединением колесных пар и боковых рам, зависимостей представлены на рис. 1.

По результатам расчета было установлено, что для груженого вагона значения поперечной жесткости центрального подвешивания и упругой связи колесных пар с боковыми рамами ограничиваются нормативными значениями горизонтальных ускорений, а для порожнего – еще коэффициентом запаса устойчивости колеса от схода с рельсов.

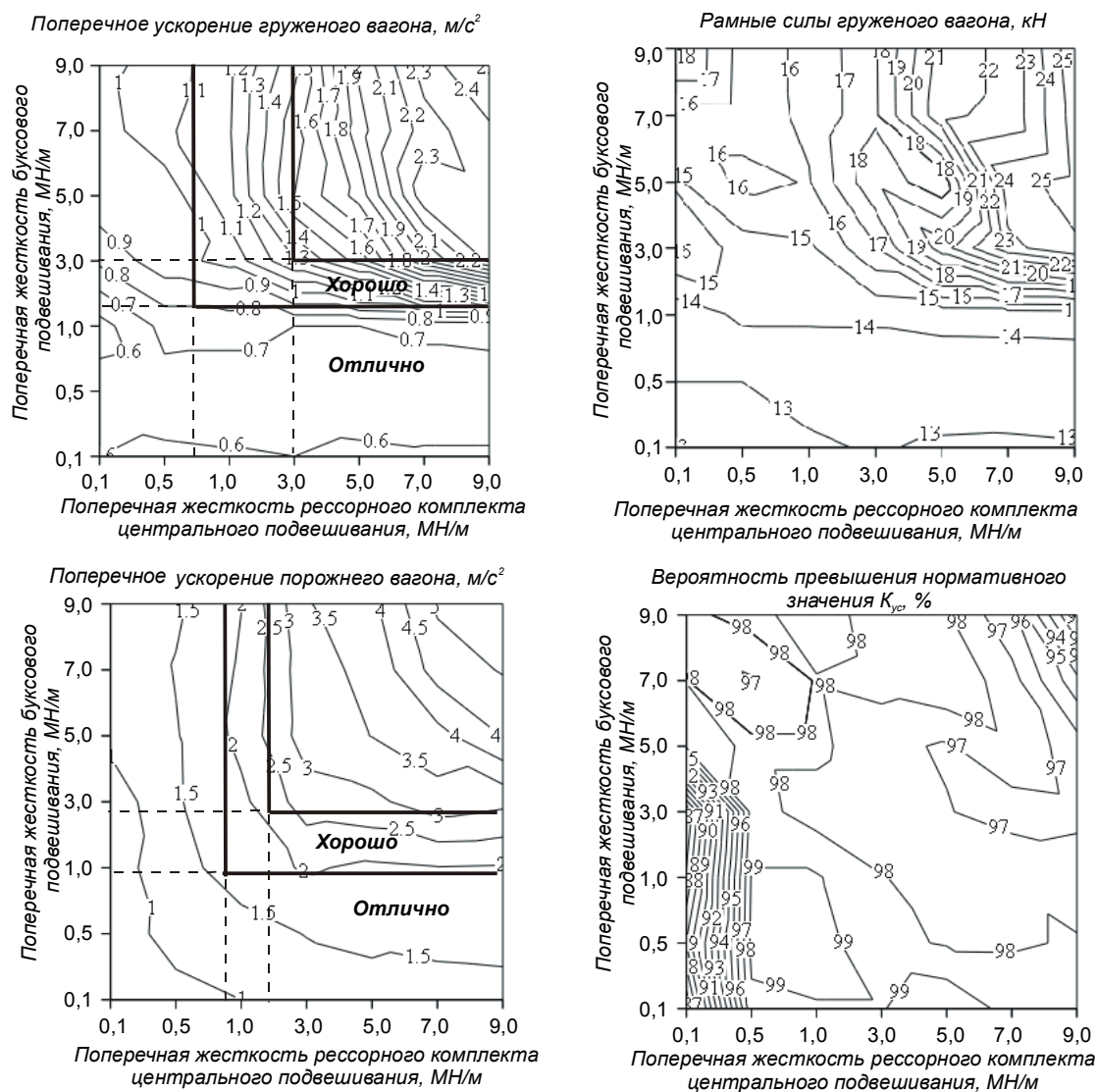


Рис. 1. Характерные зависимости ходовых качеств от параметров подвешивания при движении вагона со скоростью 90 км/ч

Таким образом, для тележки с упругим соединением колесных пар и боковых рам были установлены области рациональных параметров по критериям устойчивости и ходовых качеств: продольная жесткость

упругой связи колесных пар и боковых рам (на буксу) – не менее 2,5 МН/м; поперечная жесткость упругой связи колесных пар и боковых рам (на буксу) – не более 3,0 МН/м; продольная и поперечная жесткость рессорного комплекта центрального подвешивания (на сторону): под тарой – 1,8...2,5 МН/м; под брутто – 3,0...4,5 МН/м; угловая жесткость центрального подвешивания при забегании боковых рам (на сторону) – не менее 2,0 МНм/рад.

Сравнительный расчет критической скорости на нелинейной модели и ходовых качеств вагона на двух вариантах конструктивных схем тележек показал, что хотя введение дополнительных межосевых связей в виде прямых рычагов способствует повышению устойчивости движения и улучшению вертикальной динамики порожнего и груженого вагона, в целом данная конструктивная схема тележки с использованием приведенных выше характеристик элементов связи соответствует нормативным показателям ходовых качеств при скоростях движения вплоть до конструкционной.

Исследования на криволинейном участке пути среднего состояния производились на нелинейной модели с параметрами, выбранными по результатам исследования ходовых качеств.

В результате проведенных исследований установлено, что для обеспечения вписывания в кривые с углами набегания близкими к нулю значение продольной жесткости должно быть минимизировано, однако это приводит к резкому уменьшению критической скорости, что подтверждает аналитические выводы о возможности рассматриваемой конструкции реализовать достаточный при принятых эксплуатационных скоростях уровень критической скорости с сохранением качества вписывания в кривые. Дальнейшее повышение скорости движения будет связано с повышением износов колесных пар в кривых. Это позволило установить оптимальный уровень продольной жесткости этой связи тележки с упругим соединением колесных пар и боковых рам (2,5...5,5 МН/м), обеспечивающий устойчивое до скорости 120 км/ч движение на прямом участке пути и вписывание в кривые с углами набегания не более 5 мрад.

Проведенная сравнительная оценка качества вписывания и безопасности движения вагона на двух вариантах конструктивных схем тележек в кривых различных радиусов показала, что хотя применение в трехэлементной конструкции дополнительных межосевых связей в виде рычагов Шеффеля способствует снижению углов набегания, показателя износа и повышению запаса устойчивости в кривой, показатели безопасности движения тележки с упругим соединением колесных пар и боковых рам, при выбранных рациональных параметрах подвешивания, соответствуют нормативным требованиям.

Таким образом, проведенными исследованиями было доказано, что конструктивная схема тележки, в которой роль межосевых связей выполняет горизонтально-упругая трехэлементная рама, позволяет приблизиться к динамическим показателям вагона на тележках с дополнительными связями осей в виде прямых рычагов.

2. Экспериментальное подтверждение результатов теоретических исследований

Результаты теоретических исследований были использованы при создании опытной тележки модели 18-1711 (ОАО «МЗТМ», Украина). Сравнительная оценка результатов ходовых динамических испытаний с результатами математического моделирования подтвердила достоверность разработанной математической модели движения вагона:

- наибольшее расхождение по величине рамной силы в порожнем и груженом режиме составило 11 %;
- наибольшее расхождение по коэффициенту вертикальной динамики по перемещениям в центральном подвешивании в груженом режиме составило 9,5 %, а в порожнем – 11,5 %.

Кроме того, сравнительными ходовыми динамическими испытаниями были установлены преимущества тележки модели 18-1711 перед тележкой модели 18-100, позволяющие улучшить ходовые качества (снижение рамных сил в 1,5...2,0 раза), безопасность движения (вероятность схода груженого вагона снижена в 1,5 раза, порожнего – как минимум в 3 раза), повысить усталостную прочность боковой рамы (в 1,3 раза), снизить воздействие на путь (поперечные и вертикальные динамические силы снижены в 1,5...3,0 раза) и износ колесных пар (как минимум в 2 раза).

3. Литература

- Рудакова Е.А. Выбор жесткости тележки в плане на основе анализа собственных форм колебаний//Шаг в будущее: Межвуз. сб. научн. трудов. – ПГУПС. – СПб, 2003. – С. 39-43.
- Tuning von Güterwagendrehgestellen durch Radsatzkopplungen / A. Orlova, Y. Boronenko, H. Scheffel, R. Fröhling, W. Kik // ZEV-Glasers Annalen 126 (2002), S 270-282.

УДК 629.423:621.3.027

ДВУХУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ТЯГОВЫМ ПРИВОДОМ ЛОКОМОТИВА

А.Е. Шаговик

Аннотация

Предложена двухуровневая система управления асинхронным приводом магистрального локомотива при реализации частичных мощностей, с уменьшаемым уровнем потерь, приведены результаты расчета характеристик асинхронного тягового двигателя.

Ключевые слова: асинхронный привод; рациональное управление; векторное регулирование; повышение КПД привода

Введение

В середине прошлого века началось внедрение асинхронного электропривода на железнодорожном транспорте. Несвершенство полупроводниковой элементной базы долгое время не позволяло создать надежный, совершенный и конкурентоспособный асинхронный тяговый привод (АТП) для магистральных локомотивов.

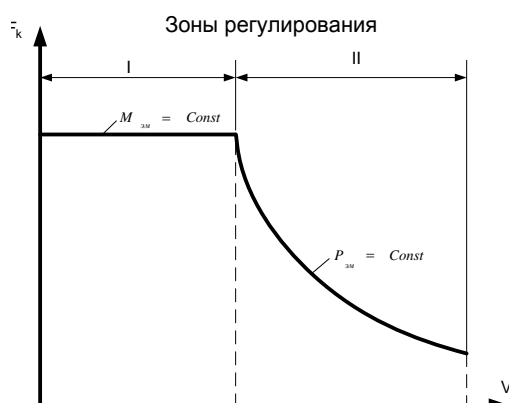


Рис. 1. Тяговая характеристика ТПС

Важнейшими показателями совершенства тягового привода являются его тяговая и энергетическая характеристики локомотива.

Тяговую характеристику локомотива (рис. 1.) условно принято разделять на две зоны. Первая зона — поддержания постоянства момента $M_{эм} = Const$ (зона I) и вторая зона (зона II) поддержания постоянства мощности $P_{лок} = Const$.

В зоне пуска особенно важно быстрое действие системы управления, поскольку в этой зоне тяговая характеристика наиболее приближена к ограничению по сцеплению. Проведенный анализ различных способов управления АТП локомотива показал, что для использования в этой зоне наиболее подходит способ векторного управления (Blaschke F., 1971), т.к. этот метод не использует допущения, принимавшиеся при использовании скалярного управления ($V = Const$, $\frac{dV}{dt} = 0$ и $M = M_{зад}$).

1. Применение векторного управления при работе тягового привода в зоне постоянства момента

Используя данный метод удается точно контролировать момент асинхронной машины, быстрее восстанавливать сцепление колес с рельсами после срыва первых в боксование, что позволяет существенно повысить «жесткость» характеристик асинхронного тягового двигателя (АТД).

Векторное регулирование основано на независимом управлении величинами векторов, входящих в уравнение электромагнитного момента:

$$M = \frac{3}{2} z_p \frac{L_m}{L_r} \bar{\psi}_{rd} \bar{i}_{sq} = \frac{3z_p \bar{\psi}_{rd}^2}{2L_r} \omega_r, \quad (1)$$

где z_p – количество пар полюсов; L_m – взаимная индуктивность; L_r – индуктивность ротора; $\bar{\psi}_{rd}$ – вектор потокосцепления ротора спроецированный на ось d ; \bar{i}_{sq} – вектор тока статора спроецированный на ось q ; ω_r – частота токов ротора.

При этом управление электромагнитным моментом двигателя производится изменением значения проекции тока статора \bar{i}_{sq} на ось q .

Опыт использования векторного управления АТД показал возможность уменьшения срывов колесных пар в боксование и более быстрого восстановления сцепления после срыва в боксование (Eiseele. M., 1995), благодаря чему удается снизить энергетические затраты связанные боксованием на 1 - 3 % (Клименко Ю.И., 2004).

Использование принципа векторного управления, при переходе на гиперболическую характеристику, не является энергетически оптимальным, а режимы работы на этой части характеристики являются продолжительными.

2. Рациональное управление по минимуму тока фазы на частичных мощностях

Зона II является удаленной от ограничения по сцеплению, поэтому незначительные отклонения параметров АТД не приведут к неизбежному срыву в боксование. В этой зоне при работе на гиперболической характеристике наиболее целесообразно использовать метод управления по минимуму тока статора.

Как показывает опыт эксплуатации, значительную часть времени локомотив работает на частичных нагрузках. Об этом



свидетельствуют в частности результаты опытных поездок проведенные динамометрическим вагоном Октябрьской ж. д. (рис. 2). На рис. 2 приведено вероятностное распределение времени работы тягового привода электровоза ЧС2Т на различных мощностях.

Тяговый двигатель при проектировании рассчитывается на минимум потерь при номинальной мощности, однако с уменьшением мощности КПД двигателя резко снижается, так как увеличивается доля потерь. Общее время работы привода в режимах не номинальной мощности, приближенно составляет 93 % от общего времени работы в тяге (рис. 2). Поэтому предлагается использовать способ рационального амплитудно-частотного управления по минимуму тока статора (Бурков А.Т., 1982).

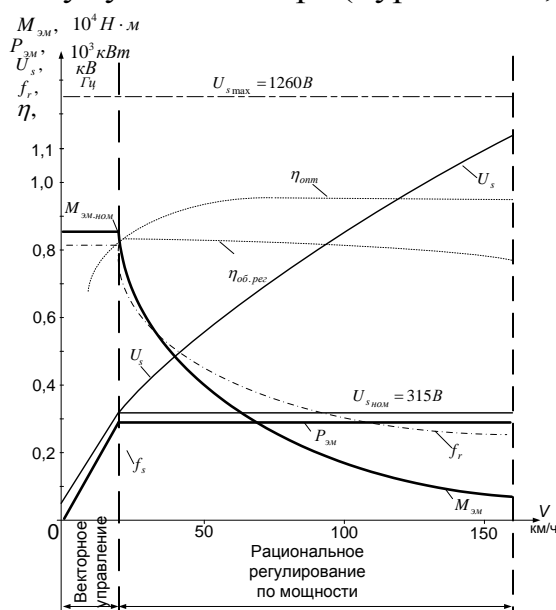


Рис. 3. Характеристики АТД НТА 1200 при реализации $P = 0,25P_{ном}$

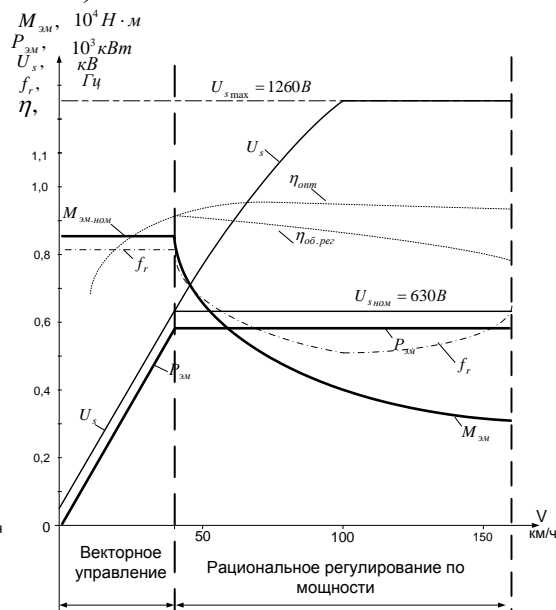


Рис. 4. Характеристики АТД НТА 1200 при реализации $P = 0,5P_{ном}$

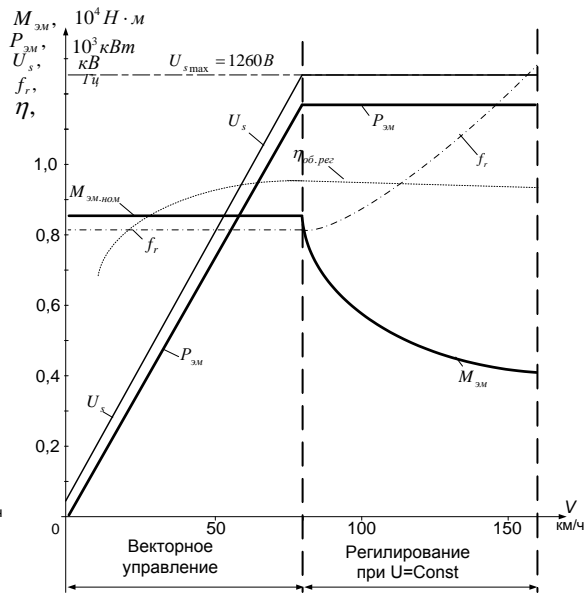
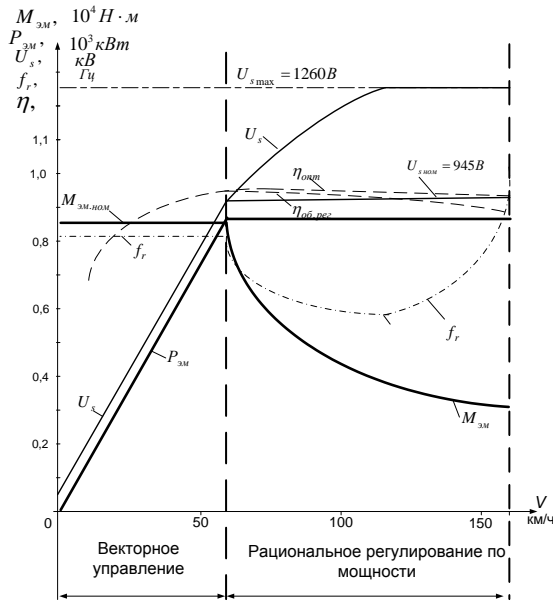


Рис. 5. Характеристики
АТД НТА 1200 при

Рис. 6. Характеристики
АТД НТА 1200 при

реализации $P = 0,75P_{ном}$ реализация $P = P_{ном}$

$$U_s = \sqrt{\frac{P_{эмз} \{ (R_r R_s - \omega_r \omega_s (L_r L_s - L_m^2))^2 + (\omega_s L_s R_r + \omega_r L_r R_s)^2 \}}{z_p \omega_m \omega_r L_m^2 R_r}}, \quad (2)$$

где $P_{эмз}$ – заданная электро­механическая мощность; R_r – активное сопротивление ротора; R_s – активное сопротивление статора; ω_s – частота тока статора; L_s – индуктивность статора; L_m – взаимная индуктивность; ω_m – частота вращения вала ротора.

На основании использования данного способа были получены основные зависимости для двигателя НТА 1200 (электровоз ЭП10) при реализации различных мощностей (рис. 3 – 6).

Для примера взята точка А на рис. 4, при движении с равновесной скоростью 75 км/ч, за счет использования рационального управления, повышение КПД АТД составит 2,9 %. Уменьшение потерь для шестисосного локомотива составит 137 кВт или 3,1% от энергии расходуемой на тяговый привод. Как видно из рисунков применение данного способа приводит к уменьшению потерь в двигателе и увеличению КПД. Уменьшение тока в двигателе вызовет снижение потерь в других элементах тяговой электропередачи электровоза.

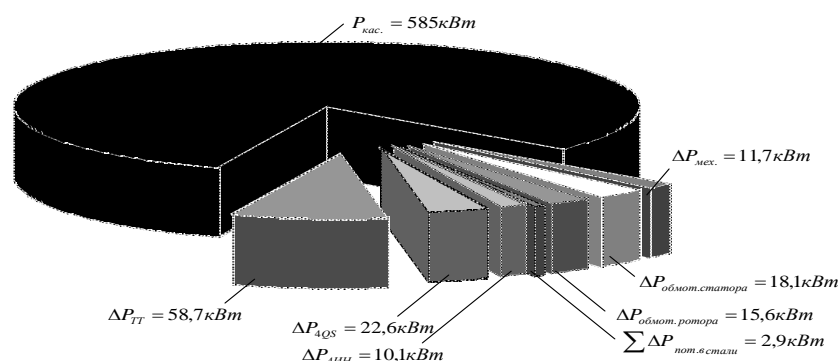


Рис. 7. Распределение потерь в тяговой передаче электровоза, в точке A , при обычном регулировании, отнесенное к одной оси

где $\Delta P_{ТТ}$ – потери в тяговом трансформаторе; ΔP_{4QS} – потери в четырехквadrантном преобразователе; $\Delta P_{АИН}$ – потери в АИН; $\Delta P_{пот.в.стали}$ – потери в стали; $\Delta P_{об.ротора}$ – потери в обмотке ротора; $\Delta P_{об.статора}$ – потери в обмотке статора.

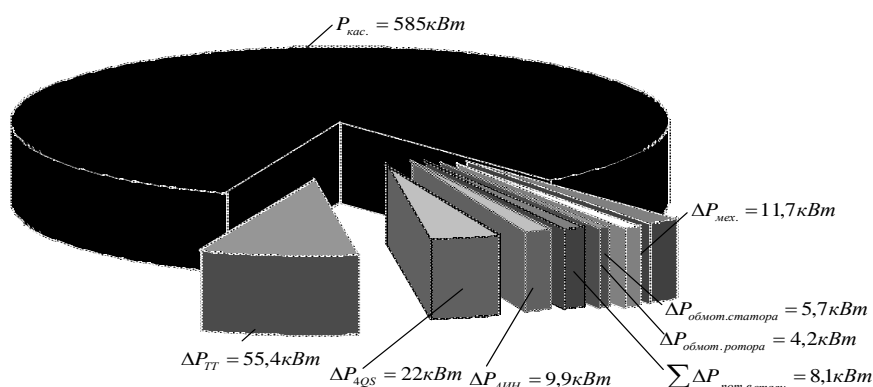


Рис. 8 Распределение потерь в тяговой передаче электровоза, в точке A , при рациональном регулировании, отнесенные к одной оси.

Потери в АД (точка A) при использовании рационального управления снижаются в обмотках статора и ротора АД на 23,8 кВт несмотря на увеличение потерь в стали на 5,1 кВт. Использование рационального управления снизит потери в двигателе на 18,7 кВт.

3. Заключение

Применение двухуровневой системы управления асинхронным тяговым приводом с переходом с векторного управления на рациональное управление при переходе на гиперболическую часть тяговой характеристики позволяет повысить КПД тягового двигателя магистрального локомотива на 1 – 5 % в режиме частичной мощности и снизить расход электроэнергии на тягу в зависимости от режимов до 3,1%.

4. Литература

- Blaschke F. Das Prinzip der Feldorientierung, die Grundlage für die transvektor – Regelung von asynchromaschinen. Siemens – Zeitschrift. 1971. № 45. – s. 57-77.
- Eiseele. M. Diesel locomotives with a three-phase drive for heavy cargo trains in the USA Glaser. Annalen, 1995 № 4, s. 112-121.
- Клименко Ю.И. Исследование электропривода с изменяемой жесткостью тяговой характеристики. Дис. на соиск. учен. степени к.т.н. – ПГУПС 2004. – 187с.
- Бурков А.Т. Управление электроэнергетическими процессами локомотивов с асинхронным приводом. Дис. на соиск. учен. степени д.т.н. – ЛИИЖТ 1982г. – 470с.

УДК 629.463.62

ВЫБОР НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ВАГОНОВ-ПЛАТФОРМ

И.К. Шайтанова

Аннотация

За последние годы наблюдается динамика роста грузовых железнодорожных перевозок, возрастают объемы перевозок леса, контейнеров, труб и т. д. В настоящее время в запасе ОАО «РЖД» находятся универсальные вагоны-платформы. Срок службы таких вагонов еще не истек и представляется возможность использовать их для дальнейшей эксплуатации после модернизации конструкции.

Ключевые слова: платформа; парк грузовых вагонов; прочность рамы; конструкция; модернизация; контейнер; лес

Введение

В настоящее время российскими железными дорогами эксплуатируются грузовые вагоны, спроектированные 20-40 лет назад. Отсутствие в последнее десятилетие систематического пополнения парка новым подвижным составом привело к существенному старению парка, к увеличению эксплуатационных и ремонтных затрат на восстановление работоспособности, к ухудшению безопасности движения. Ежегодно истекают сроки службы около десяти тысяч полувагонов. Их средний возраст составляет 18 лет при нормативном сроке службы 22 года. На сегодняшний день средний возраст платформ составляет 23,6 лет при нормативном сроке службы 32 года. Необходимо провести модернизацию этих платформ для перевозки грузов, которые традиционно перевозились в полувагонах.

1. Определение основных направлений развития парка и совершенствования конструкций платформ

1.1. Анализ структуры парка грузовых вагонов

На сегодняшний день значительная часть вагонов инвентарного парка ОАО «РЖД» находится в запасе – 79,2 тыс. ед. (рис. 1).

Из диаграммы представленной на рисунке 1 видно, что наибольшее количество вагонов, не принимающих участия в перевозочном процессе, являются платформы.

1.2. Обзор и анализ существующих конструкций

Наибольшее количество в запасе вагонов – универсальных платформ моделей 13-401, 13-4012 постройки 1965 – 1996 гг. Необходимо рассмотреть возможность их дальнейшей эксплуатации или исключения из инвентаря, а также вывода из запаса путём обновления и модернизации, посредством капитального ремонта с продлением срока полезного использования (КРП). Конструкции могут быть доработаны и использованы, так как состояние рам удовлетворительное. Присутствуют недостатки: частично не заменён пол, повреждены или отсутствуют борта.

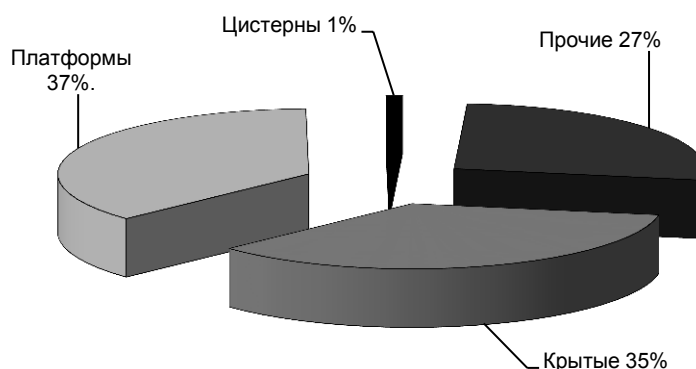


Рис.1. Наличие вагонов инвентарного парка оставленных в запасе
ОАО «РЖД»

1.3. Постановка задачи исследования

Необходимо произвести выбор путей совершенствования конструкций платформ под перевозку затребованных видов грузов, предложить методику по совершенствованию структуры парка и предложить экономически целесообразный путь его дальнейшего развития, а также разработать уточнённую методику определения потребного парка грузовых вагонов.

2. Выбор рационального варианта развития парка платформ

Анализ проведённых исследований по определениям потребного парка грузовых вагонов показал, что вагоны рассматриваются как единицы с одинаковыми характеристиками, в то время как в реальности различные модели вагонов имеют различные показатели: по типу перевозимого груза, грузоподъёмности, полезному объёму, обороту, коэффициенту использования грузоподъёмности, частотам попадания в ремонт, трудоёмкости ремонта и др., влияющие на размер парка.

Потребность в вагонном парке устанавливается по годам на основе объёма перевозок (погрузки) и объёма перевозок по ввозу грузов и транзиту. Объём перевозок по ввозу грузов и транзиту прогнозируются на основе анализа данных за последний год или с корректировкой на тенденцию изменения на последние 2 – 3 года с учетом изменения объёма перевозок погрузки на перспективные года.

Потребный парк включает рабочий и нерабочий парки.

В настоящее время наличный вагонный парк ОАО «РЖД» превышает потребный, однако сложилось тяжёлое положение с обеспечением перевозок грузов в полувагонах. Для его ликвидации необходимо изъять из запаса и переоборудовать универсальные платформы под перевозку контейнеров, леса, труб и т. д.

Построена имитационная модель парка вагонов-платформ на основе математической модели системы, включающей в себя основные компоненты, описывающие состояние и развитие вагонного парка.

Разработана уточнённая методика расчёта потребного парка, которая позволяет оценить потребность железных дорог России в платформах, переоборудованных под перевозку различных типов массовых грузов с учётом вероятностных характеристик прогнозируемых величин и различных показателей использования вагонов.

3. Обоснование возможности использования универсальных платформ для перевозки контейнеров

Для обоснования выведения универсальных платформ из запаса и возможности их дальнейшей эксплуатации необходимо доказать возможность использования вагона-платформы под перевозку большегрузных (20 и 40 футовых) контейнеров. Для этого был проведён расчёт прочности рамы универсальной платформы модели 13-401.

При переоборудовании платформ предусматриваются различные варианты перевозки контейнеров (2 контейнера длиной 20 футов или один контейнер длиной 40 футов). Поэтому при оценке прочности рассматриваются различные схемы нагружения платформ. Оценка прочности рамы платформы производится в соответствии с требованиями «Норм для расчёта и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)».

Разработка конечно - элементной модели проводилась с помощью вычислительного комплекса ANSYS, версия 8.0, который обеспечивает: формирование геометрических характеристик элементов; формирование конечно-элементной модели; задание материалов; задание нагрузок и граничных условий; вычисление усилий, перемещений и напряжений.

Для расчёта используется стержневая конечно – элементная модель. Для описания подкрепляющих и несущих элементов конструкции рамы были использованы пространственные стержневые 3-узловые конечные элементы типа BEAM189, основанные на теории балки Тимошенко. Используемые конечные элементы имеют квадратичные функции формы и шесть степеней свободы в каждом узле: перемещения вдоль осей x, y, z и повороты вокруг этих осей. Конечно - элементная модель включает 667 конечных элементов и 1929 узлов.

Для определения напряженно-деформированного состояния фитинговых креплений установленных на платформе была разработана объёмная конечно-элементная модель с использованием вычислительного комплекса CosmosWorks 2005. Использовались десятиузловые конечные элементы типа тетраэдр (конечный элемент типа тетра 10).

Для оценки ходовых качеств универсальной платформы модели 13-401 для перевозки контейнеров, установленной на тележки модели 18-100 была разработана твёрдотельная модель для исследования пространственных колебаний вагона. Расчетная схема платформы создавалась с использованием возможности программного комплекса MEDYNA и представляла собой механическую систему, состоящую из тридцати одного твёрдого тела. Предусматривались различные варианты перевозки контейнеров (контейнер 1АА высотой 2,59 м и контейнер повышенной высоты 2,89 м).

В соответствии с «Нормами...» для грузового вагона оценивались следующие показатели ходовых качеств в гружёном режиме движения: коэффициенты вертикальной динамики; рамные силы, действующие на колёсную пару со стороны обрессоренных частей экипажа; горизонтальные и вертикальные ускорения, возникающие на пятнике платформы; коэффициент запаса устойчивости колёсной пары от схода с рельсов по условию вкатывания гребня колеса на головку рельса.

Проведенные расчёты прочности рамы при действии нормативных нагрузок показали, что для платформ максимальные эквивалентные напряжения не превышают допускаемые и удовлетворяют требованиям «Норм...» при всех расчётных режимах.

Платформа модели 13-401 переоборудованная для перевозку крупнотоннажных контейнеров, удовлетворяет требованиям «Норм...» по показателям ходовых качеств.

4. Анализ эксплуатационной надёжности и разработка рекомендаций по совершенствованию конструкций платформ

Сохранность вагонного парка является первоочередной задачей вагонного хозяйства. Ежегодно повреждаются вагоны-платформы для перевозки контейнеров при производстве погрузочно-выгрузочных работ, особенно на подъездных путях промышленных предприятий, при производстве маневровых работ и т.д. Основными неисправностями таких платформ являются: обрыв упорок фитинговых креплений; вертикальные прогибы балок. Наиболее часто наблюдается обрыв литых фитинговых креплений из-за их недостаточной надёжности.

Поэтому при модернизации вагонов-платформ предназначенных для перевозки контейнеров, необходимо повысить прочность фитинговых креплений путём применения сталей повышенной прочности и замену литых фитинговых упоров на сварные.

В значительной степени надёжность определяется совершенствованием основных узлов.

5. Определение экономической эффективности модернизированных вагонов платформ для перевозки контейнеров

Расчёт экономической эффективности основан на разнице в стоимости перевозки контейнеров в полувагонах и вагонах-платформах. Определение платы за перевозку грузов производится в соответствии с Тарифным руководством. Расчёт не учитывает стоимость погрузочно-разгрузочных работ.

Выполненная оценка экономической эффективности перевозки контейнеров в вагонах разного типа показала, что наиболее выгодно перевозить контейнеры в вагонах-платформах.

6. Заключение

По результатам произведённого расчёта необходимо вывести из запаса универсальные платформы и переоборудовать их под перевозку контейнеров, что является наиболее целесообразно и экономически-эффективно.

7. Литература

- Тишкин Е.М. Автоматизация управления вагонным парком. – М.: Интекст, 2000.– 224 с.
- Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных).– М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
- Методические рекомендации по определению экономической эффективности мероприятий научно – технического прогресса на железнодорожном транспорте / ВНИИЖТ МПС. – М.: Транспорт, 1991. – 239 с.
- Вагонное хозяйство: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. / П.А. Устич, И.И. Хаба, В.А. Ивашов и др.; Под ред. П.А. Устича. – М.: Маршрут, 2003. – 560 с.

Регулирование движения поездов и связь

УДК 656.25.629.4.015:625.032.435

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ ОТ ДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

М.М. Асыпкина

Аннотация

Произведен анализ различных механических и математических моделей для описания колебаний устройств железнодорожной автоматики, вызванных вибрационным движением грунтового основания под воздействием проходящих поездов.

Выбраны наиболее адекватные модели для исследования колебаний различного типа устройств автоматики. Оценен спектр кинематического возмущения, передаваемого через грунт на опоры устройств.

Ключевые слова: вибрация; основание; элемент; резонансные и фильтрующие свойства; устройства железнодорожной автоматики

Введение

Устройства автоматики, телемеханики и связи, находящиеся в непосредственной близости от железнодорожного пути (светофоры, релейные шкафы, залы для установки устройств АТС и др.), подвергаются воздействию от проходящих поездов.

Источник распространения волн расположен вблизи точки контакта шпалы с балластным слоем.

Опоры устройств автоматики подвергаются как горизонтальному, так и вертикальному вибрационному воздействию. Например, для светофоров наибольшую опасность для нормальной эксплуатации представляют горизонтальные вибрационные смещения опор, т.к. они вызывают изгибные колебания вертикальных элементов несущей конструкции. Источником этих вибрационных воздействий являются преимущественно горизонтальные колебания путевых рельсов, вызванные влиянием подвижного состава.

При колебаниях релейных шкафов, вызванных кинематическими возмущениями, передаваемыми через опоры, существенными могут оказаться как горизонтальные, так и вертикальные вибрационные смещения опор.

1. Механические и математические модели исследования колебаний путевых устройств АТС

Пространственные колебания путевого устройства железнодорожной автоматики, как любой механической и электромеханической системы с конечным числом степеней свободы описываются системой дифференциальных уравнений второго вида (Индейкин А.В. и др., 2000):

$$\mathbf{A} \ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B} \dot{\mathbf{q}} + \mathbf{C} \mathbf{q} = \mathbf{Q}(t), \quad (1)$$

где \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} – соответственно матрицы инерции, демпфирования и жесткости системы; $\mathbf{Q}(t)$ – столбец возмущающих сил, обусловленных кинематическими возмущениями; $\mathbf{q}(t)$ – столбец вибрационных перемещений элементов устройств автоматики (столбец обобщенных координат системы).

Компонентами столбца $\mathbf{Q}(t)$ являются переносные силы инерции, возникающие вследствие кинематических возмущений при вибрации грунтового основания, на котором закреплены опоры устройства.

В зависимости от вида устройства рассматриваются различные механические и соответствующие им математические модели для исследования колебаний.

Например, при исследовании вибраций светофора в первом приближении можно ограничиться рассмотрением механической модели с одной степенью свободы (рис.1).

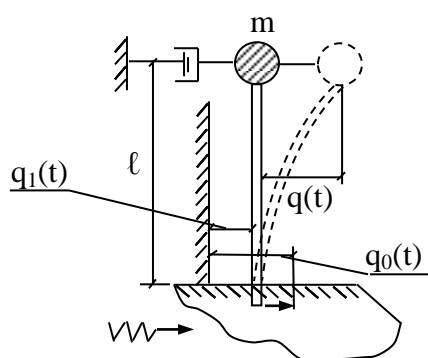


Рис.1. Механическая модель светофора

Выбрав в качестве обобщенной координаты системы относительно (по отношению к движущемуся основанию) смещение $q = q_1 - q_0$ и учитывая, что матрицы **A**, **B**, **C** вырождаются в элементы:

$$a_{11} = m, \quad b_{11} = b, \quad c_{11} = \frac{3EI}{l}$$

получим на основании (1) скалярное уравнение вида:

$$\ddot{q} + 2n\dot{q} + k^2q = -\ddot{q}_0(t), \quad (2)$$

где $n = \frac{b}{2m}$ – коэффициент затухания; $k^2 = \frac{c_{11}}{a_{11}}$ – квадрат частоты свободных колебаний системы; $\ddot{q}_0(t)$ – ускорение вибрирующего основания.

Амплитуда вынужденных горизонтальных колебаний массы m в этом случае определяется из решения дифференциального уравнения в форме интеграла Дюамеля:

$$q(t) = e^{-nt} (C_1 \cos k_* t + C_2 \sin k_* t) + \frac{1}{k_*} \int_0^t \ddot{q}_0(\tau) e^{-n(t-\tau)} \sin k_* (t-\tau) d\tau, \quad (3)$$

где $k_* = \sqrt{k^2 - n^2}$ – частота затухающих колебаний системы.

Как следует из (3) вибрационное смещение зависит от резонансных и фильтрующих свойств рассматриваемой системы так и от этих же свойств подсистем «грунтовое основание» и «железнодорожный путь», формирующих амплитудно-частотную характеристику вибрационного ускорения основания \ddot{q}_0 .

В случае исследования вибраций залов для расположения устройств стационарной автоматики может быть использована другая, более общая механическая модель, в виде системы с двумя степенями свободы,

отличающаяся от модели, изображенной на рис.1 тем, что движущееся твердое тело (этаж здания) рассматривается не как точечная масса, а как абсолютно твердое тело конечных размеров, обладающее моментом инерции.

В этом случае в качестве столбца обобщенных координат принимается $q = \begin{pmatrix} \varphi \\ \varphi \end{pmatrix}$, где φ – угол поворота твердого тела.

Матрица жесткости системы в рассматриваемом случае имеет вид:

$$C = \begin{pmatrix} \frac{12EI}{l^3}, & -\frac{6EI}{l^2} \\ -\frac{6EI}{l^2}, & \frac{4EI}{l} \end{pmatrix}.$$

Матрица при этом:
$$A = \begin{pmatrix} m, & ma \\ ma, & I_C + ma^2 \end{pmatrix},$$

где a – расстояние от низа конструктивного элемента, рассматриваемого как абсолютно твердое тело до его центра тяжести; I_C – момент инерции тела относительно центральной оси.

Вектор-столбец внешних воздействий
$$Q(t) = -m \ddot{q}_0 \begin{pmatrix} 1 \\ a \end{pmatrix}.$$

Если сопротивлением при колебаниях системы можно пренебречь ($B=0$) амплитуды вынужденных колебаний при гармоническом возмущении определяются столбцом:

$$b = (A^{-1} C - p^2 E)^{-1} A^{-1} H, \quad (4)$$

где E – единичная матрица, H – вектор-столбец амплитуд возмущающей силы.

Например, при $\ddot{q}_0 = \eta_0 \sin \omega t$ вектор-столбец H имеет вид:

$$Q(t) = -m \eta_0 \begin{pmatrix} 1 \\ a \end{pmatrix}.$$

При исследовании колебаний конструкции релейного шкафа, очевидно, следует пользоваться пространственной механической моделью с большим числом степеней свободы, которой соответствует

математическая модель в виде матричной системы дифференциальных уравнений (1).

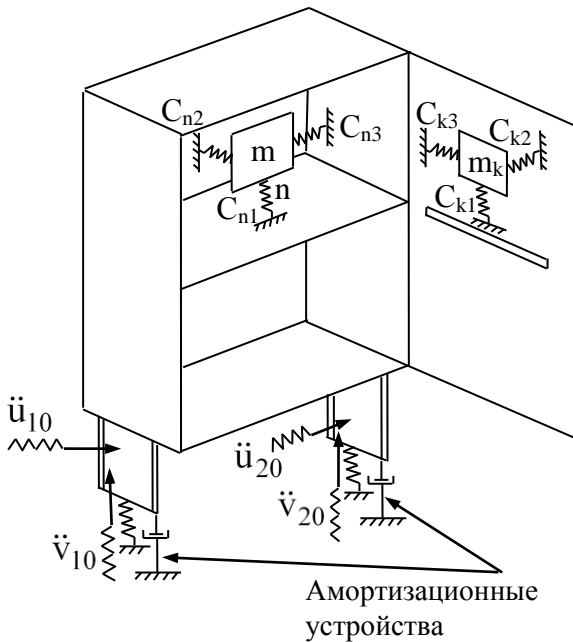


Рис.2. Механическая модель релейного шкафа

Схематично механическую модель можно представить в виде пространственной конструкции, подвергающейся динамическому воздействию от вибрационных смещений опор $(\ddot{u}_{j0}, \ddot{v}_{j0})$ (рис.2).

Амортизационные устройства шкафа моделируется системой пружин и демпферов. Все устройства автоматики, помещенные в шкафу, моделируются точечными массами в упругом подвесе, состоящем из трех взаимно ортогональных пружин с коэффициентами жесткости, соответствующими податливости точек их крепления к несущим конструкциям шкафов. В

ряде случаев достаточно ограничиться рассмотрением плоской модели, в которой кинематическое возмущение имеет только горизонтальную и вертикальную составляющие.

Спектр частот свободных колебаний рассматриваемой механической модели определяется из решения алгебраического уравнения

$$\det (\mathbf{A}^{-1} \mathbf{C} - k^2 \mathbf{E}) = 0. \quad (5)$$

Формы свободных пространственных колебаний механической системы, моделирующей релейный шкаф, характеризуются коэффициентами распределения $\mu^{(j)}$ определяемыми из решения системы алгебраических уравнений

$$(\mathbf{A}^{-1} \mathbf{C} - k_j^2 \mathbf{E}) \mu^{(j)} = 0. \quad (6)$$

В результате получается матрица форм, составленная из столбцов $\mu^{(j)}$

:

$$\mathbf{V} = \mathbf{L} \left\{ \mu^{(j)} \right\}. \quad (7)$$

2. Динамические реакции путевых устройств АТС на воздействия нагрузок от проходящих поездов

Динамическое перемещение основания устройства автоматически определяется с учетом сочетания динамических факторов при взаимодействии железнодорожного пути и подвижного состава (Индейкин А.В. и др., 2000):

$$q_0 = \sum_i \Pi_i(\alpha_0, \xi) Y_i(t), \quad (8)$$

где $\Pi_i(\alpha_0, \xi)$ – передаточные функции, учитывающие затухание упругих волн в грунте, вызванных вибрациями рельсо-шпальной решетки от i -го динамического фактора; α_0 – коэффициент, учитывающий это затухание и зависящий от свойств грунта; $Y_i(t)$ – динамические вибрационные перемещения низа шпалы в процессе взаимодействия с подвижным составом.

При распространении сферических волн в грунте от динамического воздействия подвижной нагрузки на рельс передаточная функция имеет вид (Цытович Н.А., 1983):

$$\Pi = \sqrt{\frac{r_0}{r}} e^{-\alpha_0(r-r_0)}, \quad (9)$$

где r и r_0 – расстояния от источника вибраций (уровня головки рельса) до контура опирания релейного шкафа и до низа шпалы соответственно; α_0 – коэффициенты затухания колебаний, который для среднезернистых песков составляет $\alpha_0 = 0,04 \dots 0,06 \text{ м}^{-1}$.

Интенсивность вибрационного воздействия в уровне низа шпалы определяется резонансными и фильтрующими свойствами рельсо-шпальной решетки, рассматриваемой как подсистема сложной системы «подвижной состав – верхнее строение пути – земляное полотно – основание устройства автоматики – несущая конструкция устройства – рабочий элемент».

Как показали расчеты, выполненные с учетом характеристик верхнего строения пути (Справочник, 1972), частота основного тона горизонтальных свободных колебаний верхнего строения пути с учетом массы подвижного состава составляет порядка 26...40 Гц. При этом частота виляния подвижного состава при скорости 200 км/ч составляет порядка 3 Гц и является несущей для входного сигнала (8), определяющего интенсивность вибрации основания несущей конструкции релейного шкафа.

Несущая частота входного сигнала для подсистемы «несущая конструкция устройства» при вертикальных колебаниях верхнего строения пути составляет порядка 20 Гц при воздействии неуравновешенных вращающихся масс, связанных с колесными парами подвижного состава, при колебаниях, вызванных наличием волнового износа рельсов эта частота при скоростях порядка 200 км/ч составляет 30...120 Гц в зависимости от длины волны износа.

Частота основного тона вертикальных свободных колебаний верхнего строения пути с учетом массы подвижного состава составляет 72...108 Гц в зависимости от типа подвижного состава (грузовые или пассажирские вагоны).

Таким образом, при скорости движения порядка 200 км/ч при наличии волнового износа рельсов возможен резонанс при вынужденных колебаниях верхнего строения пути в вертикальной плоскости.

Перемещение точки закрепления k -го элемента устройства автоматики, расположенного в релейном шкафу, участвующего в колебаниях сложной динамической системы при гармонических возмущениях, определяемых выражением:

$$\mathbf{b}_k = \left\{ \left(\mathbf{A}^{-1} \mathbf{C} - p^2 \mathbf{E} \right)^{-1} \left(\mathbf{A}^{-1} \mathbf{H}_0 \right) \right\}_k. \quad (10)$$

3. Заключение

1. Анализ механических моделей для изучения воздействия на устройства автоматики, телемеханики и связи показывает, что при вибрациях высотных сооружений (светофоров) наиболее пригодной для экспресс-анализа является механическая модель в виде стержня с закрепленной на конце точечной массой, для изучения вибраций оборудования, установленного на втором этапе станционных построек – модель в виде стержня, на конце которого закреплено абсолютно твердое тело, обладающее моментом инерции, для изучения вибраций оборудования в многоэтажных зданиях – поэтажная схема здания.

2. При исследовании вибраций оборудования, расположенного в релейных шкафах необходимо использовать пространственную механическую модель шкафа, поддающуюся как математической формализации, так и численной реализации соответствующей модели в компьютерных программах COSMOS/M и ANSYS.

3. Предварительные численные расчеты показывают, что несмотря на имеющиеся в технической литературе утверждения о возможности погасить вибрации в диапазоне от 1 до 100 Гц при помощи амортизаторов,

окончательное решение эффективности систем амортизаторов возможно лишь после всестороннего анализа поведения сложной динамической системы «подвижной состав – верхнее строение пути – грунтовое основание – несущая конструкция – элемент устройства АТС», т.к. при высоких скоростях движения (свыше 200-250 км/ч) возможна реализация резонансных режимов колебаний, выходящая за пределы 100 Гц-диапазона.

4. Литература

Индейкин А.В., Асыпкина М.М. О влиянии вибраций от проходящих поездов на эксплуатационную надежность устройств автоматики, телемеханики и связи. Сб. докладов Междун. экологического конгресса «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». – СПб, 14-16 июня, 2000, том 2. – С.467-468.

Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Высшая школа, 1983. – 283 с.

Справочник инженера-путейца (под ред. В.В. Баилова и М.А. Чернышева). Т.1, – М.: Транспорт, 1972 – 768 с.

УДК 656.25

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИНТЕЗА СХЕМ СТАНЦИОННОЙ АВТОМАТИКИ

Ю. Г. Малич

Аннотация

В работе проведен анализ принципов проектирования систем станционной автоматики, рассмотрены вопросы формализации синтеза схем, предложена технология автоматизированного проектирования схем, а также методы и алгоритмы автоматического синтеза схем станционной автоматики систем ЭЦИ, ЭЦ12-00, релейной части системы ЭЦ-ЕМ и тональных рельсовых цепей. На основе предложенных методов и алгоритмов разработано программное обеспечение.

Ключевые слова: схематический план станции; таблица взаимозависимости стрелок, сигналов и маршрутов; двухниточный план станции; электрическая централизация; стрелочная секция; рельсовая цепь.

Введение

В настоящее время выполняется большой объем проектирования систем железнодорожной автоматики с целью перевооружения отрасли,

замены устаревших и изношенных систем на новые и современные системы. Проектные институты не справляются с объемами проектирования, так как отсутствуют эффективные средства автоматизации проектирования схем. Темпы перевооружения отрасли диктуют необходимость увеличения производительности труда проектировщиков и повышения качества готовых проектов. Это становится возможным, если возложить проектирование типовой части схем станционной автоматики на вычислительную технику.

1. Определение исходных данных

Рассмотрим документы, необходимые для проектирования. Для решения задачи автоматического синтеза схем эти документы должны быть внесены в компьютер и представлены в удобной для автоматического анализа форме.

- Схематический план станции является главным документом, на основе которого разрабатываются схемы станционной автоматики и вся остальная проектная документация систем ЖАТ. Схемплан представляет собой немасштабное однолинейное изображение путевого развития станции (путей, стрелок, перекрестных стрелок, глухих пересечений, тупиков) и других объектов станции с соблюдением взаимного расположения.
- Таблица взаимозависимости стрелок, сигналов и маршрутов (ТВ), разрабатывается на основании схематического плана станции и совместно с ним предоставляет основную часть исходных данных для проектирования систем станционной автоматики.
- Двухниточный план станции. Составляется на основании схематического плана станции и таблицы взаимозависимости стрелок, сигналов и маршрутов и является основным документом по оборудованию станции рельсовыми цепями и размещению НТО электрической централизации. Данные двухниточного плана станции используются для проектирования кабельных сетей станции и схем рельсовых цепей.
- Кабельные сети завершают цикл проектирования напольного технологического оборудования, которое изображает также на схематическом и двухниточном планах станций. С кабельных сетей на принципиальные схемы наносится увязка с напольным оборудованием.
- Базы данных для проектирования схем. Процесс проектирования связан с необходимостью обработки большого количества технической и справочной информации. Базы данных нормативно-справочной информации, базы данных технической документации

включают в себя важнейшие разделы по нормам проектирования, кодированию оборудованию и правилам изображения элементов схем и конструкций ЖАТ, и являются основой информационных технологий систем синтеза.

2. Разработка методики синтеза структурной схемы расстановки функциональных узлов

2.1. Географический принцип проектирования

Одним из наиболее важных преимуществ отечественных систем электрической централизации (ЭЦ) является построение схем по топологии станции. Этот принцип, внедренный в практику проектирования еще в 50-х годах прошлого века, позволяет наиболее эффективным способом решить проблемы проверки условий безопасности движения по трассе задаваемого маршрута, с использованием минимального числа электрических схем и количества приборов.

Топологическое построение схем ЭЦ предполагает однозначное соответствие расположения объектов ЭЦ – стрелок, секций, светофоров, переездов, приемо-отправочных путей и перегонов – в электрических схемах реальному путевому развитию станций. Управление напольными объектами и контроль за их состоянием выполняется специальными схемами по отдельным алгоритмам. Унификация схем систем станционной автоматики позволяет использовать в проектах готовые схемные решения, сгруппированные в функциональные узлы (ФУ). Основным документом, который необходим для проектирования принципиальных и монтажных схем электрической централизации, является структурная схема расстановки функциональных узлов по топологии станции. Для блочных систем электрической централизации эта структурная схема называется блочным планом, для неблочных систем – планом фрагментов. Структурная схема задает однозначное отображение между объектами ЭЦ и их ФУ в схемах станционной автоматики.

При отсутствии САПР расстановка ФУ по топологии станции и их размещение на стативах выполняется вручную, затем, также вручную, формируется проектная документация по принципиальным схемам и осуществляется монтаж блоков на полках стативов. Это требует значительных затрат времени и средств. Использование САПР даёт возможность получить схему расстановки ФУ из файлов одноточечных планов станций в электронном виде. Полученную схему можно использовать в цепочке сквозного проектирования для автоматического синтеза.

2.2. Вычисления центра стрелочной секции

Структурная схема ФУ строится на основе топологического размещения стрелок, стрелочных и бесстрелочных секций, светофоров, переездов, приемо-отправочных путей и перегонов, согласно типам и характеристикам этих объектов, а также условиям их взаиморасположения на схематическом плане станции. Так как стрелочные секции не имеют на схематическом плане однозначного размещения соответствующих им объектов, то для правильного построения структурной схемы ФУ вводится логическое понятие центра секции (ЦС) - точки путевого развития, через которую проходят все передвижения по данной секции. В центрах секции на структурной схеме размещаются ФУ, обеспечивающие выполнение технологических алгоритмов на данной секции. Таким образом, при генерации структурной схемы одной из первых задач является разработка алгоритма поиска центра секции.

По нормам технологического проектирования в одну стрелочную секцию может быть включено от одной до трех стрелок. Так как количество возможных взаиморасположений стрелок в секции ограничено наиболее простым способом решения проблемы являются создание базы моделей секций с описанием топологии секции и месторасположения логического центра внутри секции.

2.3. Задача выбора проектных решений размещения функциональных узлов

После анализа и вычисления центров стрелочных секций при генерации структурной схемы ФУ встает второй вопрос: выбор узлов в соответствии с типовыми проектными решениями и их расстановка по топологии станции. Так как ФУ и способы их увязки у разных систем электрической централизации различаются, для решения этой задачи для каждой проектируемой системы разрабатываются база ФУ, набор алгоритмов их расстановки и набор алгоритмов и правил увязки ФУ. Набор алгоритмов расстановки представляет собой способ описания типовых проектных решений для выбора типов ФУ на структурной схеме в зависимости от типов и взаиморасположение объектов схематического плана, а так же маршрутов, в которых они участвуют. В соответствии с подобранным решением на структурную схему заносятся необходимые блоки или фрагменты из базы ФУ, и производится настройка приборов этих узлов в соответствии с условиями размещения. В случае нетиповых проектных решений, не описанных в наборе алгоритмов расстановки, проектирование блочных планов и планов фрагментов для этого участка станции не может быть полностью автоматическим и требует участия проектировщика.

Для объединения узлов в единую схему задаётся база правил увязки ФУ, в которой описаны способы соединения узлов в соответствии с их типами и взаиморасположением друг относительно друга.

3. Синтез электрических схем систем станционной автоматики

3.1. Синтез электрических схем систем системы ЭЦ12-00 на основе планов фрагментов

Рассмотрим вопросы автоматизации электрических схем систем электрической централизации на примере используемой в проектировании в настоящее время системы ЭЦ12-00.

Одним из основных документов, который необходим для проектирования принципиальных схем установки и размыкания маршрутов системы электрической централизации ЭЦ12-00, является структурная схема расстановки ФУ по топологии станции – план фрагментов. Фрагментами называют типовые ФУ системы ЭЦ12-00, которые разбиваются на группы по функциональному назначению: рельсовые цепи, светофоры, переезды, стрелки и т.д. Эти ФУ являются каркасом на основании которого по проектным решениям строится группа схем установки и размыкания маршрутов системы ЭЦ12-00. В отличие от блоков ЭЦ-И функциональные узлы ЭЦ12-00 не так жёстко унифицированы. В них можно выделить постоянные цепочки, которые есть практически на всех схемах, а также изменяемые цепочки, которые могут меняться или добавляться лишь при определённых условиях, таких как безостановочные пропуск, кодирования и т.п. Так как перебор всех возможных подвариантов ФУ даёт очень большое число сочетаний, наиболее целесообразным решением представляется построение моделей ФУ, настраиваемых в соответствии с условиями работы станции на необходимое проектное решение. Количество моделей ФУ при таком условии не намного превосходит количество используемых при синтезе блоков ЭЦ-И.

После задания всех баз описаний правил и алгоритмов синтез схем установки и размыкания маршрутов системы ЭЦ12-00 производится в следующие последовательности:

- генерируется план фрагментов;
- по плану фрагментов выбираются модели функциональных узлов;
- с использованием данных схематического плана станции производится настройка модели на нужное проектное решение;
- из настроенных моделей генерируются листы со схемами;
- межлистовые соединители увязываются между собой по заданным правилам увязки;

- производится перенумерация узлов контактов реле на схемах с использованием базы данных оборудования;
- готовые схемы добавляются в проект для дальнейшей проверки и редактирования проектировщиками.

3.4. Синтез схем тональных рельсовых цепей

Синтез схем тональных рельсовых цепей (РЦ) имеет ряд отличий от синтеза схем систем ЭЦ. При проектировании схем тональных рельсовых цепей отсутствуют какие-либо структурные схемы ФУ. Схемы тональных рельсовых цепей проектируются по ряду исходных данных из конечной группы приборов, выбор, местоположения и настройка которых унифицированы и легко определяемы.

Для синтеза схем тональных РЦ необходима следующая информация: наименование РЦ, частоты несущая и модулирующая, наименования релейных и питающих концов, наличие кодирования на релейных и питающих концах, наличие дроссель-трансформаторов на релейных и питающих концах, наличие трансформаторных ящиков на релейных и питающих концах, наличие схем контроля схода стыков и схем контроля занятости ответвлений, наличие уравнивающих трансформаторов, наличие диспетчерского контроля. Данная информация может быть получена из двухниточных планов станций.

Для синтеза схем РЦ подготавливается база моделей приборов, используемых при проектировании рельсовых цепей. Для каждого прибора задаются условия выбора и место размещения на схемах релейного и питающего концов. Вторым этапом задаётся набор алгоритмов, которые по исходным данным каждой РЦ и условиям выбора модели прибора производят установку и настройку выбранной модели в нужный узел схемы.

При синтезе для каждого релейного и питающего конца, набором алгоритмов выбираются приборы, исходя из информации, предоставляемой двухниточным планом станции. Модели приборов настраиваются, объединяются, по ним синтезируются схемы каждой рельсовой цепи. Готовые схемы добавляются в проект для дальнейшей проверки и редактирования проектировщиками.

4. Заключение

Предложенные методики синтеза реализованы в программах и проходят испытания и обкатку на реальных проектах.

Использование автоматического синтеза схем в сквозном процессе проектирования электрической централизации позволяет сделать полностью автоматическими до 80% проектных работ, а 20% останётся

индивидуальное проектирование с использованием средств САПР. Применение автоматического синтеза схем значительно ускоряет проектирование, сокращает число проектных ошибок и улучшает качество готовых проектов, что приводит к значительному уменьшению стоимости разработки.

Практически на всех станциях существуют нетиповые особенности, для решения которых необходимы знания, участие и опыт проектировщика. Поэтому использование автоматизированного синтеза схем не исключает на сегодняшнем этапе участия проектировщика в разработке.

УДК 62-758.37

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПЛАВКИХ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ В УСТРОЙСТВАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Д.Л. Павлов

Аннотация

Рассматривается статистика отказов систем СЦБ, защищаемых плавкими предохранителями с контролем перегорания. Приведены основные пути повышения надежности плавких предохранителей. Представлен результат теоретического анализа поведения комбинированного предохранителя – макетный образец устройства

Ключевые слова: предохранитель; контроль перегорания; комбинированный предохранитель; полимерный предохранитель

Введение

Прекращение или ограничение действия устройств СЦБ на станциях значительно снижает безопасность движения поездов. В таких случаях оператор (в частности, ДСП) берёт на себя контроль за перемещением подвижного состава по станционным путям. Вероятность безошибочных действий оператора в стрессовых ситуациях составляет 0,6-0,9.

В настоящее время защита аппаратуры СЦБ от токовых перегрузок осуществляется плавкими предохранителями и автоматическими выключателями многофазного действия (АВМ). АВМ предназначены для защиты линейных трансформаторов автоблокировки от перегрузок и токов короткого замыкания. Из-за асимметрии обратного тягового тока и

неисправности изолирующих стыков АВМ используют и для защиты напольной аппаратуры рельсовых цепей от перегрузок. В связи с низким быстродействием АВМ не применяют для защиты устройств СЦБ на постах электрической централизации и в релейных шкафах. При токах более 75 ампер существует вероятность сваривания контактов АВМ, что не обеспечивается селективностью защиты. Вследствие малого зазора между контактами в разомкнутом состоянии (1,5 мм) возможно возникновение электрической дуги при разрыве цепи. Это может привести к возгоранию монтажа, выходу из строя аппаратуры СЦБ. Поэтому основная часть устройств СЦБ защищается плавкими предохранителями одноразового действия, состоящими из фарфорового или пластмассового корпуса, банановых или ножевых выводов и плавкой вставки из медной или константановой проволоки.

1. Анализ эксплуатационной надежности плавких предохранителей в устройствах железнодорожной автоматики и телемеханики

По статистическим данным Октябрьской железной дороги, из 10 случаев срабатывания плавких предохранителей в системах СЦБ лишь в одном случае обнаруживалось короткое замыкание в защищаемой электрической цепи, а в остальных 9 случаях после замены предохранителя работоспособность устройств СЦБ восстанавливалась. Такие срабатывания плавких предохранителей являются ложными. В этих случаях полностью или частично прекращается функционирование систем СЦБ до момента замены предохранителя. Время между моментом срабатыванием предохранителя и моментом его замены часто бывает

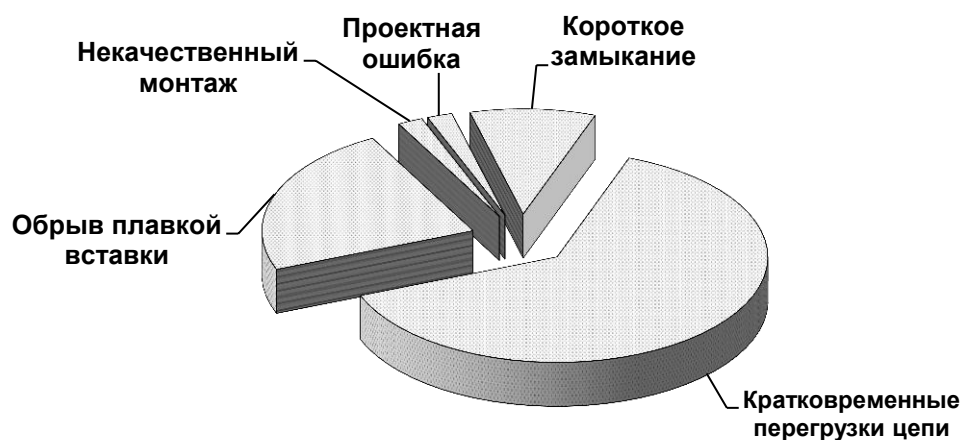


Рис. 1. Отказы систем СЦБ

весьма значительным (до нескольких часов), что вызывает серьезные нарушения в графике движения поездов. За 9 месяцев наблюдений на

Октябрьской железной дороге в цепях постоянного напряжения 24 В документально зафиксировано 47 отказов систем СЦБ из-за срабатываний плавких предохранителей, в том числе 33 случая вызваны кратковременными перегрузками в цепях, 12 случаев обусловлено обрывом плавкой вставки, 1 случай связан с некачественной пайкой плавкой вставки и 1 случай произошел из-за проектной ошибки. Срабатывание предохранителей в 4 случаях (8,5%) произошло в электропитающей установке, а в 43 случаях (91,5%) в цепи питания стативов предохранители сработали ложно.

В течение 9 месяцев наблюдений из-за ложных срабатываний плавких предохранителей в цепях постоянного напряжения 24 В пассажирские поезда задержаны на 504 минуты, грузовые поезда – на 384 минуты, пригородные поезда – на 97 минут, действие основных средств СЦБ (по данным Октябрьской ж.д.) закрывалось 7 раз.

Приведённые данные подтверждают большую актуальность проблемы повышения надежности плавких предохранителей в системах СЦБ.

2. Повышение эффективности работы предохранителей

Традиционные плавкие предохранители срабатывают при превышении величины тока в цепи относительно некоторого выбранного номинального значения. Традиционные предохранители используются только один раз и требуют последующей замены (трудоемкая и неудобная процедура).

В настоящее время разработаны и находят всё большее применение восстанавливающиеся предохранители многоразового действия на основе полимеров с положительным нелинейным температурным коэффициентом (при увеличении температуры материала возрастает его электрическое сопротивление). Такие предохранители срабатывают при превышении величины тока выше номинального значения. Но, в отличие от традиционных, восстанавливающиеся предохранители при определенных условиях автоматически восстанавливают свои свойства, снижая расходы на обслуживание и ремонт. Будучи полимерными устройствами, восстанавливающиеся предохранители имеют низкое сопротивление, лучшую прочность при механических ударах и вибрации, обеспечивают надежную защиту для широкого диапазона разнообразных применений.

Существует ряд ограничений, влияющих на возможность применения полимерных предохранителей в системах СЦБ. Для восстановления проводящих свойств полимера необходимо значительно сократить приложенное к предохранителю напряжение. В условиях действующих систем это приведет к полному отключению системы, либо потребует значительной перестройки всей инфраструктуры СЦБ. Другим

ограничением является возможность возникновения необратимых изменений в полимере при прохождении сверхвысоких токов, наведенных, например, молниевыми процессами. Это приводит к образованию проводящего канала, выходу из строя как предохранителя, так и защищаемого устройства. Вышеперечисленные причины делают полимерные предохранители малопригодными для устройств СЦБ в настоящее время.

Существующие полимерные предохранители предназначены в основном для слаботочных устройств.

Другим направлением повышения эффективности предохранителей является их качественное улучшение.

Проведённый анализ эксплуатационной надёжности предохранителей систем СЦБ показал, что около четверти всех отказов вызваны повреждением проволоочной плавкой вставки устройством контроля срабатывания. В результате постоянного механического воздействия подпружиненного контрольного элемента на плавкую вставку происходит ее деформация и обрыв, приводящий к нарушению работы исправных систем СЦБ.

Для устранения этого недостатка и повышения надёжности, предложено в предохранителе установить параллельно включенные две плавкие вставки: медную и константановую. Медная плавкая вставка является рабочей и калибруется под заданный номинал тока, а константановая плавкая вставка выполняет вспомогательную контрольную функцию и изготавливается из тонкой проволоки, одинаковой для всех номиналов предохранителя.

Теоретический анализ комбинированного предохранителя с контролем перегорания плавкой вставки изложен в (Костроминов А.М. и др., 2004).

На основании проведённых исследований разработаны рекомендации по изготовлению комбинированного предохранителя с двумя плавкими вставками, первая из которых обеспечивает функцию защиты цепи от короткого замыкания, вторая – контролирует первую. Предложенные рекомендации до 50% увеличивают надёжность предохранителя. Испытания макетных образцов таких комбинированных предохранителей на Санкт-Петербургском электротехническом заводе-филиале ОАО «РЖД» дали положительные результаты.

3. Заключение

Разработанный комбинированный предохранитель, позволит значительно сократить общее время отключения систем СЦБ и улучшить безопасность движения поездов. В настоящее время данный тип

предохранителя проходит завершающую стадию подготовки к производству. Происходит его доработка в соответствии с рекомендациями, полученными по результатам испытаний макетных образцов.

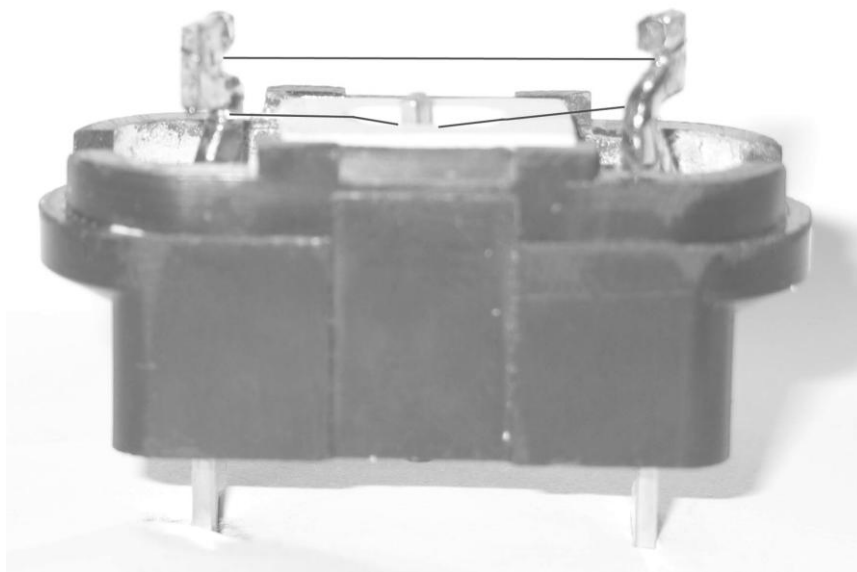


Рис. 2. Опытный образец комбинированного предохранителя

4. Литература

Костроминов А.М., Костроминов А.А., Павлов Д.Л. Теоретический анализ комбинированного предохранителя с контролем перегорания плавкой вставки. //Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2004. Вып.2. – С. 105-113.

УДК 658: 656.25 (075.8)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ХОЗЯЙСТВЕ СВЯЗИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ОАО «РЖД»

С.А. Тихомиров

Аннотация

Повышение качества и оперативности выполнения технологических процессов в хозяйстве связи и вычислительной техники железнодорожного транспорта возможно за счет увеличения автоматизации выполнения большинства обеспечивающих функций предприятия таких как: работа с документацией, документальное обеспечение ремонта аппаратуры и т.д. При этом все специалисты от руководства до технолога работают в единой “команде”, используя общую базу данных и общий подход к технологическому процессу.

Ключевые слова: автоматизированное рабочее место; техническая документация; связь и вычислительная техника; автоматизация

Введение

В соответствии с Федеральной целевой программой “Модернизация транспортной системы России (2002 – 2010 годы)” на железнодорожном транспорте созданы основы для функционирования единого информационного пространства за счет ввода в эксплуатацию магистральной цифровой сети связи общей протяженностью около 45 тысяч км на базе волоконно-оптических линий, систем передачи синхронной цифровой иерархии (СЦИ) и цифровых АТС. Это позволяет совершенствовать работу железнодорожного транспорта ОАО “РЖД” за счет объединения отдельных видов перевозчиков в единую транспортную структуру, которая может включаться в мировую транспортную систему через международные транспортные коридоры. Важную роль при выборе коридоров, организованных железнодорожным транспортом по территории России, играет созданная магистральная цифровая сеть связи, которая должна обеспечивать гарантированное время передачи трафика и оказывать услуги заданного качества.

К основным направлениям деятельности ОАО “РЖД” в области связи следует отнести:

- дальнейшее развитие и совершенствование технологического сегмента цифровой сети связи (оперативно-технологической ОТС, общетехнологической ОбТС, сети передачи данных СПД), для обеспечения бесперебойной работы железнодорожного транспорта;
- создание дополнительной емкости цифровых каналов связи для развития коммерческого сегмента с целью оказания услуг связи и получения дополнительной прибыли;
- увеличение перечня и совершенствование качества предоставляемых услуг.

Основной задачей сети связи ОАО “РЖД” является обеспечение бесперебойного движения поездов, поэтому техническая политика хозяйства связи и вычислительной техники ОАО “РЖД” в области организации оперативно-технологической связи ОТС направлена на:

- реализацию принципов и структурных схем организации ОТС на участках новой вертикали управления перевозочным процессом: Центр управления перевозками (ЦУП) – Единый дорожный центр управления (ЕДЦУ) – опорные центры (ОЦ);
- выбор специализированного цифрового оборудования и коммутационных станций ОТС, выпускаемых отечественными производителями;
- выбор отечественного программного обеспечения аппаратуры ОТС;
- развертывание цифровых систем технологической радиосвязи;
- обеспечение взаимодействия с существующей аналоговой сетью ОТС.

Развитие коммерческого сегмента происходит на базе общетехнологической сети связи ОбТС, поэтому работа хозяйства связи и вычислительной техники в области организации общетехнологической связи ОбТС направлена на:

- выбор структуры построения цифровой сети ОбТС;
- выбор коммутационного оборудования, устанавливаемого в узлах связи при управлениях и отделениях железных дорог, а также на станциях;
- выбор системы сигнализации и мониторинга на магистральном, дорожном и отделенческом уровнях;
- решение вопросов организации управления магистральным уровнем сети ОбТС и его взаимоувязки с системой управления первичной магистральной цифровой сетью связи;
- создание единой системы мониторинга и администрирования дорожного уровня сети ОбТС;
- решение вопросов взаимодействия цифровых сетей ОбТС железнодорожного транспорта и ТфОП Единой сети электросвязи РФ;
- осуществление перехода к мультисервисной сети ОбТС магистрального уровня.

Организация доступа к телефонной сети осуществляется за счет предоставления абонентских и соединительных линий связи. Организация местного, междугородного и международного телефонного соединения выполняется за счет использования оборудования автоматической местной и междугородной, каналобразующей аппаратуры, оборудования систем передачи информации общетехнологической сети связи ОбТС железнодорожного транспорта.

1. Предпосылки и цели создания АРМ ВТД–СВТ

Целью создания АРМ ВТД–СВТ является переход на технологию электронного документооборота в хозяйстве связи и вычислительной техники ОАО “РЖД”. АРМ ВТД–СВТ также позволяет передавать необходимую информацию в АСУ–ЦСВТ, которая предназначена для оптимизации набора управляющих воздействий сотрудника дистанции или технического отдела службы связи и вычислительной техники на технологические процессы технического обслуживания сети связи железнодорожного транспорта, как на объекты управления. Состояние объекта управления характеризуется конфигурацией сети, значениями параметров трафика, а также техническими характеристиками применяемой аппаратуры связи. Данные параметры определяются на основании результатов измерений, поступающих от объекта управления в режиме реального времени или же могут быть внесены оператором узла связи. Кроме того, АСУ–ЦСВТ будет иметь возможность работать с технической документацией, представленной в электронном виде, которая получена с помощью АРМ ВТД–СВТ.

Использование АРМ ВТД–СВТ для автоматизированной системы АСУ–ЦСВТ обуславливает функционирование потока документов в электронном виде. Каждый чертеж или схема обычно представляет собой отдельный файл. Иногда к нему прилагается еще несколько файлов – описания, указания, телеграммы и т.п. Любая схема связи логически связана с другими схемами дистанции или узла связи. Возможна работа со схемами связи нескольких специалистов (операторы узла связи, инженеры бригад связи и т.д.) одновременно. В АРМ ВТД–СВТ любая информация легко доступна и обеспечена ее автоматическая передача между отдельными подразделениями хозяйства связи.

2. Особенности применения АРМ ВТД–СВТ

Применение АРМ ВТД–СВТ позволит автоматизировать процесс управления технической документацией хозяйства связи и вычислительной техники ОАО “РЖД” на следующих уровнях управления: дистанции связи и ИВЦ, региональные вычислительные центры (филиалы ИВЦ) отделений дорог, служба связи и вычислительной техники. АРМ ВТД–СВТ будет предоставлять необходимую информацию для автоматизации управления перевозочным процессом и работы других хозяйств инфраструктуры железнодорожного транспорта, например для решения задач автоматизации получения технической оснащенности.

Поставленные перед АСУ–ЦСВТ цели достигаются путем реализации в АРМ ВТД–СВТ следующих программных функций:

- частичная автоматизация технологических процессов обслуживания устройств (составление обходных маршрутов передачи информации в

- случае возникновения аварийных ситуаций, работа с технической документацией в электронном виде, составление АГО-5 и т.д.);
- автоматизация получения и анализа исходной информации для принятия решений от специализированных задач АСУ – ЦСВТ и АСУ НСВТ, внешних по отношению к АРМ ВТД-СВТ технологических систем (АСДК, в т.ч. АПК ДК, АСЦД, АСТЭ, АС УКСС и др.), включая информацию о текущем положении устройств и каналов связи, других АСУ;
 - автоматизация принятия решений по действиям персонала во внештатных и чрезвычайных ситуациях: поиску обходных каналов связи и др.;
 - автоматизация составления оснащенности объектов хозяйства связи и вычислительной техники железнодорожного транспорта оборудованием связи и вычислительной техники;
 - автоматизация функций контроля за материально-техническим обеспечением хозяйства связи и составления отчетности о расходовании этих средств;
 - автоматизация функций ведения и обеспечения достоверности и сохранности фонда технической документации дистанций и служб связи, своевременного предоставления качественной выходной информации соответствующим пользователям.

3. Описание АРМ ВТД–СВТ

Разработанное “Автоматизированное рабочее место ведения технической документации хозяйства связи и вычислительной техники (АРМ ВТД – СВТ)”, предназначено для использования инженерами групп технической документации дистанций связи, отделов технической документации служб НСВТ и дорожных лабораторий, а также руководителями, принимающими участие в согласовании и утверждении технической документации. Применение АРМ ВТД–СВТ позволит повысить качество ведения технической документации; ускорить процессы поиска, обработки и выдачи необходимой информации; улучшить условия и повысить производительность труда групп технической документации.

В настоящее время большинство линейных предприятий хозяйства связи и вычислительной техники переходит на ведение ТД в электронном виде. Однако основная проблема при этом состоит в том, что для ввода ТД на электронные носители используются различные графические редакторы (Visio, AutoCAD и др.). Такой подход даже в пределах одной железной дороги создает проблемы (несовместимость различных форматов, несовместимость различных версий одной программы и т.д.), на уровне Департамента связи и вычислительной техники эти проблемы выливаются в невозможность создания единой электронной базы ТД. Одним из

решений данной проблемы является создание единого отраслевого формата представления технической документации. Использование АРМ ТД–СВТ позволит перейти на электронный документооборот с использованием такого отраслевого формата.

АРМ ВТД–СВТ обеспечивает выполнение основных технологических операций по работе с ТД на устройства связи, вычислительной техники и пассажирской автоматики в соответствии с действующими инструкциями по их содержанию и нормами технологического проектирования. По результатам обследования деятельности групп технической документации и анализа возможностей современных компьютерных технологий обработки информации определен полный функциональный состав АРМ ВТД–СВТ. В нем реализованы функции обработки основной технической документации: паспортов воздушной и кабельной линий связи, схемы организации связи, паспорта узла связи, схемы радиосвязи, паспорта АТС, телеграфной станции и автоматического узла коммутации и т.д.

Комплекс программных средств АРМ ВТД–СВТ осуществляет хранение в электронном виде, в распределенных базах данных, всего объема ТД на устройства связи, вычислительной техники и пассажирской автоматики.

Выходные формы документов, получаемые посредством АРМ ВТД–СВТ, соответствуют требованиям инструкции по содержанию технической документации на устройства проводной связи, радиосвязи и пассажирской автоматики (ЦШ-1). Указанные документы могут быть использованы в автоматизированной системе управления хозяйством связи и вычислительной техники (АСУ–ЦСВТ).

Функционирование ПО АРМ ВТД–СВТ адаптировано для работы в условиях возможной потери связи между АРМ–клиентом и АРМ–сервером. Потеря связи с сервером не влияет на работу АРМ ВТД–СВТ, находящегося в режиме функционирования АРМ–клиента. ПО АРМ–клиента предусматривает работу с техдокументацией в автономном режиме, после восстановления связи с сервером все изменения автоматически копируются в базу данных на сервере.

4. Заключение

В настоящее время все больше линейных предприятий железнодорожного транспорта, в том числе и предприятия хозяйства связи и вычислительной техники, внедряют автоматизированные системы (управления, помощи принятия решений, электронного документооборота). В некоторых организациях этот процесс только начинается, в других установлены уже десятки рабочих мест. Но, несмотря на все различия в подходах, можно с уверенностью утверждать: каждому

предприятию, вставшему на путь автоматизации, придется решать вопрос перевода всей технической документации в электронный вид, так как большинство пакетов АСУ работает с документацией, представленной в электронном виде. Поэтому внедрение АРМ ВТД-СВТ в данный момент поможет снять некоторые проблемы, связанные с этой непростой задачей.

5. Литература

Вальков В.М., Вершин В.Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. – Л.: ПОЛИТЕХНИКА, 1991.

Лысенко Э.В. Проектирование автоматизированных систем управления ТП. – М.: Радио и связь, 1987.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОРРЕКТИРОВКИ СИГНАЛОВ В КАНАЛАХ СВЯЗИ

С.В. Чупарнова

Аннотация

При прохождении по линии связи сигнал телемеханики претерпевает искажения, меру которых можно оценить, анализируя спектральные характеристики входных и выходных сигналов. Рассмотрены основные принципы передачи сигналов и спектрального анализа последних. Предложен способ корректировки сигнала в реальном времени.

Ключевые слова: система телемеханики; сигнал; канал связи; линия связи; искажения; помехи; частотная модуляция; спектр; оценивающий фильтр; корректирующая обратная связь

Введение

В процессе эксплуатации телемеханических комплексов на Октябрьской железной дороге, особенно в связи с применением системы типа АСТМУ (автоматизированной системы телемеханического управления), велика доля отказов в работе таких систем из-за срыва передачи данных по линиям связи, что снижает эффективность использования комплексов телемеханики. Для телемеханической системы АСТМУ доля подобных отказов составляет 79%. В связи с этим возникает

острая необходимость исследования причин, по которым происходят такие сбои в работе телемеханики.

1. Структура телемеханического комплекса. Смешанная система связи. Постановка задачи

При эксплуатации телемеханических комплексов, структура которых представлена на рис. 1, выявлено, что диагностика и технический контроль отдельных элементов системы, как правило, не фиксирует отклонений технических параметров этих элементов от нормы. В это же время сигналы, проходящие по всему тракту, искажаются как по уровню, так и по частоте, а иногда и просто теряются. Возникает проблема определения тех участков линии связи, которые служат причиной таких нарушений.

Решение данной проблемы можно свести к корректировке или модификации проходящих сигналов на подобных участках с тем, чтобы уровень искажения сигнала не превышал заданных значений. В связи с этим на первый план выступает задача моделирования сигналов и линии связи.

Моделью линии связи может служить типовая передаточная функция, для получения которой необходимо создать обобщенные спектры образцового входного и образцового выходного сигналов, проходящих по линии связи (Зюко А.Г. и др., 1980).

Для корректировки входного сигнала в реальном времени необходимо провести опережающее умножение реального входного сигнала на передаточную функцию и сравнение результата преобразования с образцовым выходным сигналом.

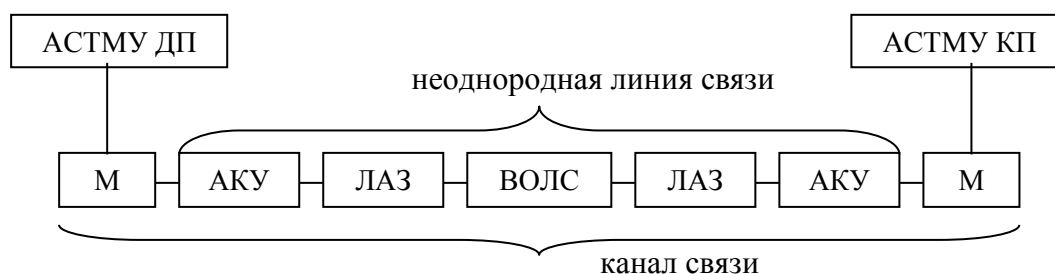


Рис.1. Структурная схема системы передачи данных телемеханики АСТМУ: АСТМУ ДП – аппаратура телемеханики диспетчерского пункта; М – модулятор; АКУ – абонентский кабельный участок; ЛАЗ – линейный аппаратный зал, оборудованный аппаратурой уплотнения; ВОЛС – магистраль волоконно-оптической линии связи; АСТМУ КП – аппаратура телемеханики контролируемого пункта.

Система телемеханики АСТМУ может быть отнесена к смешанной системе связи (Величкин А.И., 1970), реализующей передачу цифрового сигнала от аппаратуры АСТМУ посредством модема, работающего в режиме частотной модуляции, в линию связи. Структурная схема смешанной системы связи приведена на рис. 2.

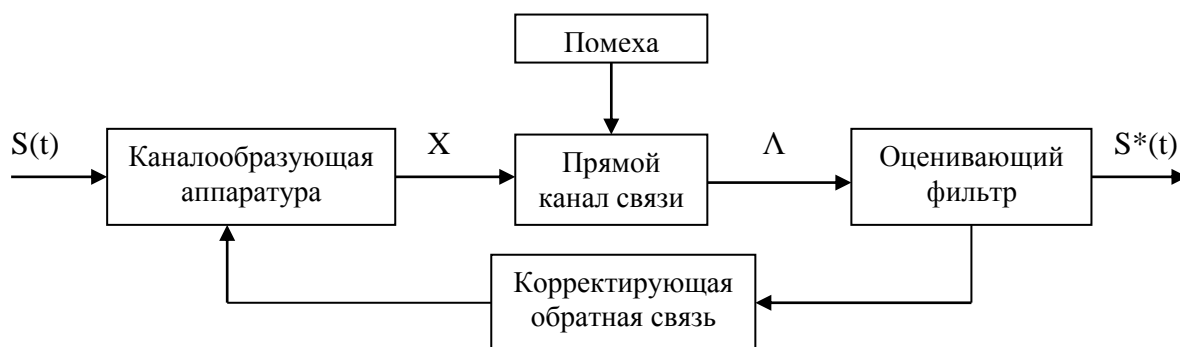


Рис. 2. Структурная схема смешанной системы связи

Непрерывное сообщение S , передаваемое в канал связи, может принимать бесчисленное множество значений, каждое из которых характеризуется определенной плотностью вероятности $w(S)$, являющейся непрерывной функцией значений сообщения. На выходе системы связи необходимо оценить передаваемую величину.

В системе управления в момент времени t , на основании величины S^* , являющейся оценкой сообщения $S = S(t)$ принимается определенное решение. Оценку S^* получают путем обработки сигнала X_I , выработанного на передающей стороне системы связи в предшествующий момент времени $t_I < t$ на основании анализа отсчета смеси сообщения с шумом Λ_I . Разность $t - t_I = T$ представляет собой запаздывание в передаче сообщения по системе связи.

Поскольку в канале связи действуют помехи, то возможны ошибки в приеме сигналов, которые характеризуются условной вероятностью $P(\lambda, x)$ приема сигнала λ при передаче сигнала X , называемой вероятностью перехода.

На выходе системы связи в оценивающем фильтре вырабатывается оценка $S^*(t)$ сообщения $S(t)$. Таким образом, оценивающий фильтр характеризуется способом формирования оценки передаваемого сообщения. Для моделирования корректирующей обратной связи может быть применен программный пакет National Instrument LabView.

2. Анализ сигналов телемеханических комплексов

2.1. Принципы передачи сигналов телемеханики

Для передачи сообщений по линейному тракту применяется частотная модуляция цифрового сигнала посредством модема, которая служит для изменения частоты непрерывного несущего гармонического колебания по закону информационного сигнала, генерируемого аппаратурой телемеханики.

Частотно-модулированный сигнал имеет следующий вид:

$$X_{\text{чм}}(t) = U \cos(f_0 t + M \sin \Omega t), \quad (1)$$

где M – индекс частотной модуляции, Ω – частота информационного сигнала аппаратуры телемеханики $X_{\text{инф}}(t)$, f_0 – частота несущего гармонического колебания

Индекс частотной модуляции может быть представлен как

$$M = \Delta f / \Omega, \quad (2)$$

где Δf – девиация частоты

$$f(t) = \beta \cdot X(t) = \beta \cdot U_{\Omega} \cdot \cos \Omega t \quad (3)$$

При прохождении по линии связи сигнал претерпевает искажения, меру которых можно оценить, анализируя спектральные характеристики на входе и выходе отдельных участков линии связи.

2.2. Основные положения спектрального анализа сигналов

Сигнал, поступающий на вход модема от аппаратуры телемеханики контролируемого пункта представляет собой результат аналого-цифрового преобразования сигнала, приходящего непосредственно от исполнительных устройств.

Применив преобразование Фурье (Нейман Л.Р., Демирчян К.С., 1966), получим спектральную плотность сигнала:

$$S_T(\omega) = \sum_{k=0}^{\infty} s(kT) \int_0^{\infty} e^{-i\omega t} \delta(t - kT) dt = \sum_{k=0}^{\infty} s(kT) e^{-i\omega kT} \quad (4)$$

Спектральная плотность квантованного по времени сигнала имеет периодическую структуру с периодом по оси частот $\omega_1 = 2\pi/T$. Так как для осуществления цифровой обработки требуется дискретизация сигнала не только по времени, но и по частоте, то сплошной спектр $S_T(\omega)$ должен быть представлен совокупностью своих значений $S_T(n\Delta\omega)$ на дискретных частотах $\omega = n\Delta\omega$.

Выражение (4) можно представить в виде выражения для дискретного преобразования Фурье сигнала, квантованного по времени:

$$S(n) = \sum_{k=0}^{N-1} s(k) e^{-i \frac{2\pi}{N} nk}, \quad n=0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm N/2 \quad (5)$$

Выражение (5) можно рассматривать как алгоритм вычисления спектральных коэффициентов $S(n)$ по заданным временным отсчетам $s(k)$ и в пределах одного периода его можно записать в виде:

$$S(n) = \sum_{k=0}^{N-1} s(k) e^{-i \frac{2\pi}{N} nk}, \quad n=0, 1, \dots, N-1 \quad (6)$$

Выражение (6) может быть использовано для вычисления спектральных коэффициентов сигнала. При этом k – номер отсчета, $s(k)$ – измеренное значение сигнала с номером отсчета k ; n – номер гармоники – спектральной составляющей, N – число отсчетов в реализации сигнала.

Располагая спектром сигнала и зная зависимость параметров линии связи от частоты (амплитудно-частотную характеристику линии связи), можно определить характер воздействия такой линии связи на рассматриваемый сигнал.

При исследовании телемеханического комплекса на участке Тосно – Чудово были получены математическое описание амплитуды обобщенного образцового входного и образцового выходного сигналов линии связи полиномами пятой степени, которые имеют следующий вид:

- для входного

$$y_1 = 3,8 \cdot 10^{-12} \cdot f^5 - 1,4 \cdot 10^{-8} \cdot f^4 + 2,0 \cdot 10^{-5} \cdot f^3 - 0,01 \cdot f^2 + 4,44 \cdot f - 614,68 \quad (7)$$

при $300 \leq f \leq 1300$;

$$y_2 = 3,8 \cdot 10^{-12} \cdot f^5 + 3,5 \cdot 10^{-8} \cdot f^4 - 1,3 \cdot 10^{-4} \cdot f^3 + 0,2 \cdot f^2 - 210 \cdot f + 74802 \quad (8)$$

при $1300 < f \leq 2300$, где f – частота сигнала, y – уровень сигнала

- для выходного

$$y_3 = -3,6 \cdot 10^{-16} \cdot f^5 + 4,3 \cdot 10^{-12} \cdot f^4 - 1,5 \cdot 10^{-8} \cdot f^3 - 10^{-6} \cdot f^2 + 0,1 \cdot f - 85 \quad (9)$$

при $300 \leq f \leq 2300$.

Статистическая проверка пригодности модели проводилась методом наименьших квадратов.

Для исследования возможности восстановления сигнала в заданной полосе частот была разработана программа спектрального исследования, которая позволяет получить спектры входного и выходного сигналов, проходящих через линию связи и может быть использована как в качестве

элемента обратной связи при вычислении спектра, так и для выявления диапазона частот в большей степени определяющих помехоустойчивость линии связи.

3. Заключение

Отсутствие методов определения изменения параметров информационного сигнала при прохождении по линиям связи ТУ-ТС, причин сбоев передачи сигналов по каналам связи и тех параметров информационных сигналов, которые наиболее подвержены воздействию помех сделало актуальным создание методики, позволяющей по спектральным характеристикам входных и выходных сигналов, передаваемых по находящимся в эксплуатации линиям связи, провести корректировку сигнала по обратной связи.

4. Литература

- Величкин А.И. Теория дискретной передачи непрерывных сообщений. – М.: Изд-во «Советское радио», 1970. – 296 с.
- Нейман Л.Р., Демирчян К.С., Теоретические основы электротехники. Т.1. – М.-Л.: Издательство «Энергия», 1966. – 522 с.
- Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов. – М.: Связь, 1980. – 288 с.

Реконструкция тяговых средств

УДК 629.4.027

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ ПРИ РЕМОНТЕ

А.А. Воробьев

Аннотация

Рассмотрены вопросы совершенствования процесса восстановления бандажей с учетом предполагаемого повышения твердости обода.

Ключевые слова: колесная пара; бандаж; локомотив; ремонт, оптимизация, режимы резания

Введение

Анализ “Стратегической программы обеспечения устойчивого взаимодействия в системе «колесо-рельс»” и “Программы реорганизации и развития отечественного локомотиво- и вагостроения, организации ремонта и эксплуатации пассажирского и грузового подвижного состава на период 2001 – 2010 г.” показали, что поставленные задачи повышения ресурса бандажей колесных пар локомотивов: на первом этапе – до 0,6 млн. км; на втором – до 1,2 млн. км, могут быть реализованы в том числе за счет повышения твердости бандажей колесных пар локомотивов. При этом встает вопрос обеспечения обрабатываемости бандажей повышенной твердости.

Выполненный обзор литературных данных по особенностям процесса восстановления колесных пар тягового подвижного состава (ТПС) показал нестабильность характеристик используемого оборудования, обрабатываемых колес (меняющийся припуск, твердость, дефекты и др.), инструмента, изменение их в процессе ремонта, а так же отсутствие рекомендаций по восстановлению колес повышенной твердости.

Объект исследования – колесная пара.

Предмет исследования – процесс восстановления бандажных колесных пар тягового подвижного состава повышенной твердости.

Цель работы – разработка рекомендаций по повышению эффективности процесса восстановления бандажных колесных пар повышенной твердости.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- 1) оценка соотношения твердостей колеса и рельса и его влияние на износостойкость обода;
- 2) экспериментальное и теоретическое исследование процесса обработки бандажной стали повышенной твердости;
- 3) оценка динамической прочности режущего инструмента при восстановлении бандажей повышенной прочности;
- 4) оптимизация режимов обработки при восстановлении бандажей повышенной твердости и разработка рекомендаций по их практическому применению.

1. Соотношение механических свойств колес и рельсов

В связи с предполагаемым повышением прочностных характеристик металла бандажа произведен расчет напряженного состояния в пятне

контакта колеса и рельса в программном комплексе ANSYS. Конечно-элементная сетка рельса и колеса с профилем ГОСТ представлена на рисунке 1.

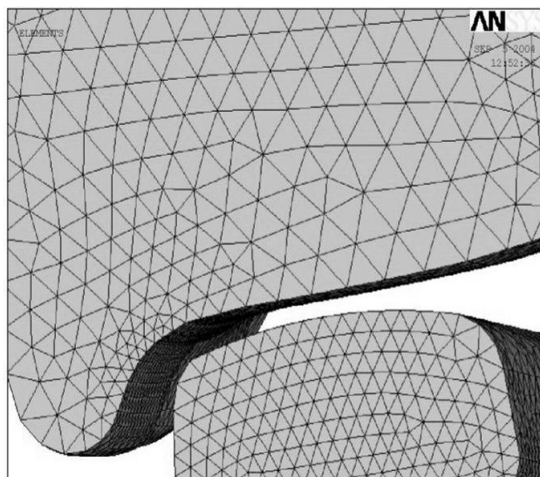


Рис. 1. Сетка элементов рельса и колеса с профилем ГОСТ

Анализ общего напряженного состояния колеса показал, что с увеличением твердости допускаемые напряжения в ободу будут выше, чем у существующих колес. Это должно обеспечить повышение работоспособности колес и более высокий уровень износостойкости.

Выполненные исследования по оценке износостойкости бандажной стали различной твердости и существующий средней твердости рельса НВ360 показали, что наименьший суммарный износ материалов колеса и рельса достигается при их равной твердости. При этом возникает необходимость исследования и разработки рекомендаций по восстановлению геометрии обода колес повышенной твердости.

2. Исследование процесса обработки бандажной стали повышенной твердости

Методика, использовавшаяся ранее для оценки обрабатываемости, содержала целый ряд допущений, существенно снижавших точность расчета. Основные из этих допущений относятся к определению максимального значения касательных напряжений в зоне стружкообразования, на передней и задней поверхностях инструмента, к использованию коэффициента трения для расчета сил на передней поверхности и к предположению о равенстве коэффициентов трения на передней и задней поверхностях инструмента, к учету влияния формы режущей кромки в плане на направление и величину сил резания. Не учитывалось влияние температуры на касательные напряжения и силы

резания. Относительно невысокие требования к точности расчета сил не оправдывают принимаемых грубых допущений. Большая часть их не соответствует действительным физическим процессам. Особенно недопустимо применять некорректные методики расчета сил в тех случаях, когда силы резания используются для определения мощностей источников тепла (плотностей тепловых потоков). В связи с этим методика расчета сил должна быть усовершенствована и приведена в соответствие с современными представлениями о процессе резания, основанными на термомеханическом подходе (Кушнер В. С. и др., 2001).

Для расчёта сил при косоугольном точении инструментом с криволинейной режущей кромкой (Воробьев А.А., 2004), она была разбита на N элементов. Для каждого элемента определяются приращения силы резания. Технологические составляющие силы резания P_x , P_y и P_z определялись интегрированием соответствующих проекций приращений силы резания по длине режущей кромки, таким образом, были получены параметры режимов резания для чашечных и призматических резцов.

Для проверки достоверности теоретических расчетов были выполнены экспериментальные исследования процесса обработки бандажной стали повышенной твердости с использованием метода планирования эксперимента.

Выполненные исследования показали, что разница теоретических и экспериментальных данных составляет $\approx 12\%$

3. Оценка прочности режущего инструмента

Известно, что на формоустойчивость и пластические деформации режущего лезвия большое влияние оказывают не столько температуры на его поверхностях, сколько фактическое распределение температуры внутри режущего клина. Для тяжелых термомеханических условий нагружения режущего лезвия, которые имеют место при восстановлении профиля колес, влияние температуры внутри режущего клина на его пластические деформации и формы изменение приобретает особенно большое значение. Это связано с тем, что при повышенных температурах уменьшается предел прочности инструментального материала на сдвиг и увеличиваются скорости пластической деформации (ползучести) режущего лезвия. В свою очередь температура внутри режущего клина (температура формоустойчивости) зависит от распределения температуры на его передней и задней поверхностях и, в значительной мере, от максимальных температур.

Расчеты показали, что наибольшая тепловая напряженность для инструмента наблюдается вблизи поверхности режущего клина, где возникают значительные тепловые градиенты $grad t = 16 \div 20^0 C / мкм$. В областях отдаленных от режущего клина тепловая напряженность резца снижается до $grad t = 18 \div 20^0 C / мм$, т.е. становится почти в 1000 раз меньше.

Для повышения износостойкости и формоустойчивости режущих пластин необходимо выбирать скорости резания с таким расчетом чтобы температура формоустойчивости не превышала 900-1000 градусов (рациональное значение температуры 850-870 градусов). Повышению прочности режущих пластин способствует применение упрочняющих фасок (шириной не более 0,8 толщины срезаемого слоя), расположенных под отрицательным передним углом 10^0 , фасок предварительного притупления задней поверхности величиной 0,2-0,3 мм и увеличения радиуса закругления вершины резца.

4. Выбор и обоснование критерия оптимизации процесса обточки колесных пар

Реально применяемые режимы обработки колес при их ремонте являются режимами повышенной (максимальной) производительности. В качестве физического ограничения в данном случае выступает формоустойчивость режущего лезвия, его способность противостоять пластическим деформациям. При этом основное направление оптимизации должно заключаться в повышении пластической прочности режущих пластин. Это может быть достигнуто уменьшением термомеханических нагрузок, в первую очередь – за счет уменьшения температуры на передней поверхности инструмента.

Однако в тяжелых условиях резания, характерных для обработки железнодорожных колес, на интенсивность изнашивания, деформации и расход инструмента влияют и другие факторы, в частности, – подача s , угол в плане φ , радиус скругления вершины резца в плане (для призматической режущей пластины), первоначальное притупление режущего лезвия по задней поверхности, передний угол, ширина упрочняющей и стабилизирующей фасок на передней поверхности.

Влияние некоторых из этих факторов может быть обобщено путем использования сил резания в качестве ограничений.

Другие ограничения, которые необходимо учитывать, связаны с шероховатостью и отклонениями обработанной поверхности и мощностью резания.

При использовании перечисленных ограничений в качестве целевой функции (критерия оптимизации) выбрана производительность обработки.

Возможна и другая формулировка задачи: при постоянной производительности, например, реально достигнутой в производственных условиях, путем оптимизации режима резания и геометрических параметров инструмента добиться уменьшения расхода инструмента (повышения стойкости инструмента).

Эти задачи решаются как с помощью эксперимента, так и с помощью моделирования процесса резания и расчетов на ЭВМ. Первый путь весьма трудоемок и трудноосуществим. Второй основан на использовании предлагаемых методов расчета сил, температур и износа режущего инструмента.

5. Заключение

Разработанная программа позволяет учесть основные факторы, в том числе повышение твердости, влияющие на процесс обработки, и рассчитать рациональные режимы восстановления геометрии профиля обода при ремонте.

6. Литература

Кушнер В.С. и др. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: Учеб. для техн. вузов /В.С. Кушнер, С.А. Васин, А.С. Верещака. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 448 с.

Воробьев А.А. О причинах повышенного износа колесных пар подвижного состава и оценка обрабатываемости колес повышенной твердости // Международная конференция: Транспорт 21 века – Варшава, Польша, 2004. – с. 389 – 397.

УДК 629.4.064.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД (СЭСН) ПЕРСПЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

А.И. Горлов

Аннотация

В статье рассматриваются подходы к проектированию систем электроснабжения собственных нужд для перспективного электропоезда постоянного тока с применением следующих инноваций: конфигурацию поезда с короткими сочленёнными вагонами, одноосными тележками и отдельно вращающимися мотор-колёсами, а также новый

подход проектирования: основной функциональной единицей принимаем не вагон, а целиком поезд.

Ключевые слова: системы электроснабжения; перспективный электропоезд постоянного тока; источник электроснабжения; ЭД4Э; ЭТ4Э

Введение

Пригородные и междугородные электропоезда по мере их совершенствования расходуют всё больше энергии на единицу полезной пассажирской работы (Гуткин Л.В. и др., 1993). Аналогичная тенденция наблюдается и в локомотивостроении. Дополнительное электрооборудование, улучшающее режимы работы (например, реостатное торможение) или повышающее надёжность тягового привода (статические преобразователи для асинхронных тяговых двигателей), увеличивает массу тары электропоезда и является источником дополнительных потерь энергии. В зарубежной практике при создании электропоездов с бесколлекторным тяговым приводом используют новую конфигурацию поезда с короткими сочленёнными вагонами, одноосными тележками и отдельно вращающимися мотор-колёсами (Гурлов И.В. и др., 2003). Общий вид такого поезда показан на рис. 1.

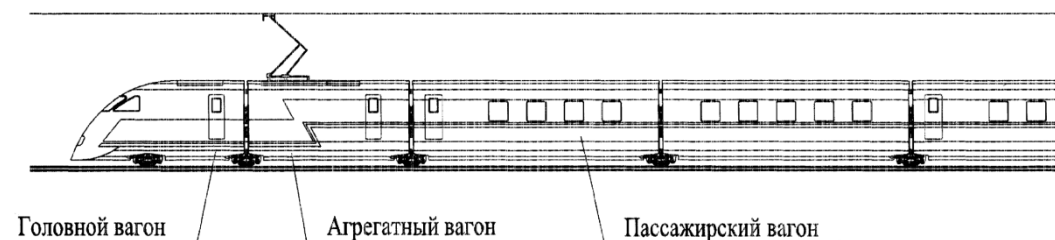


Рис. 1. Конфигурация перспективного электропоезда.

Масса тары электропоезда снижается в 1.3-1.5 раза, в 2 раза снижается механическое сопротивление движению. Такого эффекта невозможно достичь с коллекторным тяговым приводом. (Гурлов И.В. и др., 2003)

При создании такого электропоезда встречается ряд новых проблем, в том числе проблема выбора структуры СЭСН.

Эти проблемы решаются в том случае, если при проектировании основной функциональной единицей считать не вагон, а целиком поезд.

1. Основные потребители энергии собственных нужд перспективного электропоезда и выбор методики синтеза СЭСН

Конечными потребителями энергии собственных нужд нового электропоезда являются те же нагрузки, что и при традиционной конфигурации: мотор-компрессор, мотор-вентиляторы, устройства

питания систем управления, регулирования и диагностики, заряда аккумуляторной батареи и устройства жизнеобеспечения. Однако есть и существенная разница: количество единиц оборудования СЭСН может быть оптимизировано (минимизировано), при этом можно применить какой-либо математический метод исследования и оптимизации, в частности, метод теории графов (Лазарев И.А., 1976). Критериями оптимизации могут быть качество электроэнергии, массо-габаритные показатели, надёжность и потери энергии, взаимная совместимость потребителей и источников и т. п.

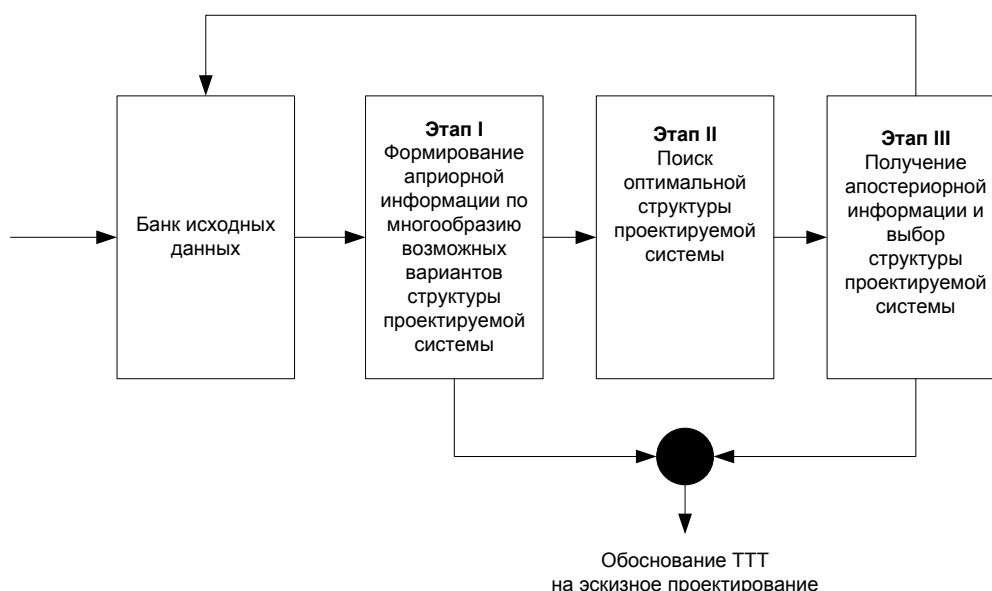


Рис.2. Блок-схема основных этапов синтеза структуры СЭСН электропоезда

На рис.2 приведена блок-схема основных этапов синтеза структуры СЭСН электропоезда.

2. Возможные варианты структурных схем СЭСН

Основой для формирования банка данных является информация по ранее созданным системам. Для электропоездов постоянного тока с питанием от контактной сети (к.с.) 3 кВ можно выделить три основные системы СЭСН, отличающиеся принципами генерирования и распределения электроэнергии.

1. Традиционная с двухмашинным преобразователем энергии к. с. напряжением 3 кВ, с первичным высоковольтным коллекторным двигателем постоянного тока и трёхфазным синхронным генератором 220 В, 50 Гц на общем валу. Потребители энергии при необходимости

имеют индивидуальные статические преобразователи (управляемые или неуправляемые выпрямители), либо питаются непосредственно от трёхфазной сети (мотор-компрессор, мотор-вентиляторы) (Цукало П.В., 1994).

2. Современная система СЭСН с высоковольтным статическим преобразователем на IGBT-транзисторах, запираемых тиристорах или обычных однооперационных тиристорах с промежуточным высокочастотным колебательным LC-контуром (аналоги этих преобразователей используются на электропоездах «Сокол», ЭТ2А, ЭД6 и др.) (Электрификация, 2001). Преобразователь состоит из двух частей – высоковольтной и низковольтной, последняя включает индивидуальные преобразователи конкретных потребителей.

3. Комбинированная (из старой и новой) система, в которой, как и в традиционной системе, в качестве первичного преобразователя используется электромашинный агрегат, однако для привода трёхфазного синхронного генератора вместо малонадёжного высоковольтного коллекторного двигателя применён вентильный двигатель (преобразователь ПР50 электропоездов ЭД4Э и ЭТ4Э. При необходимости потребители оснащены индивидуальными статическими преобразователями (Вахмисторов С.Н., 2002).

Выбор из этих трёх структур может быть сделан эвристическим методом, либо путём составления графа, отражающего некоторую функционально-избыточную структуру проектируемой системы генерирования, из которой может быть выбрана функционально-необходимая структура (Лазарев И.А., 1976).

3. Сравнительные данные СЭСН традиционного и перспективного электропоездов

Секционная компоновка традиционных электропоездов позволяет оперативно изменять составность поезда, в то же время приводит к избыточности оборудования СЭСН. При проектировании новых поездов возможно сокращение числа генерирующих установок, а также некоторых потребителей, в частности, мотор-компрессоров и аккумуляторных батарей. Соответственно снизится расход электроэнергии на собственные нужды.

В табл. 1 отражены указанные изменения применительно к серийному 10-вагонному электропоезду ЭР2Р (ЭР2Т) и равнозначному по пассажирской нагрузке перспективному электропоезду сочленённой конфигурации.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение вспомогательного оборудования электропоездов ЭР2Р и перспективного

Наименование электрооборудования СЭСН	Число агрегатов на электропоезде	
	ЭР2Р	Перспективный сочленённый
Первичный преобразователь	5	2
Мотор-компрессор	5	2
Аккумуляторная батарея	5	2

Новый электропоезд состоит из двух половин, каждая из которых включает модули управления (головной модуль), агрегатный и пассажирские модули (рис.1). Высоковольтное оборудование СЭСН, мотор-компрессоры и аккумуляторные батареи размещены в агрегатных модулях, системы жизнеобеспечения – в специальных отсеках пассажирских модулей.

4. Заключение

Перспективные электропоезда с бесколлекторными (в т.ч. асинхронными) тяговыми электродвигателями могут быть экономически целесообразными не только по расходу электроэнергии на тягу, но и на собственные нужды, если перейти к сочленённой модульной конфигурации поезда.

5. Литература

- Гуткин Л.В., Меркушев С.И. Нормирование расхода электроэнергии для электропоездов ЭР2Р и ЭР2Т в условиях депо Железнодорожная. // Совершенствование электрооборудования электропоездов и высоковольтного оборудования пассажирских вагонов. Сб. науч. тр. / Под ред. Г.Г. Гомолы. – М.: Транспорт, 1993. – 128 с.
- Гурлов И.В., Пармас Я.Ю., Пивоваров В.М. Концепция создания скоростного электропоезда на базе «электромотор-колеса». // Вестник Петербургского государственного университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС МПС России, 2003. – Вып.1. – 148 с.
- Лазарев И.А. Синтез структуры систем электроснабжения летательных аппаратов. – М.: «Машиностроение», 1976. – 256 с.
- Цукало П.В., Просвирин Б.К. Эксплуатация электропоездов: Справочник. – М.: Транспорт, 1994. – 383 с.: ил., табл. --- Библиогр.: с. 380.
- Малютин В.А., Грибанов П.Ф. Электрооборудование электропоезда ЭД-6. – с.218-220. Электрификация и развитие железнодорожного транспорта России. Традиции, современность, перспективы: Материалы международного симпозиума Eltrans 2001, 23-26 октября 2001 г., ПГУПС, 202. – 354с.

Вахмистров С.Н., Карзунов Р.А., Крутяков Е.А., Пармас Я.Ю., Терешонков В.А., Тимофеев А.В., Тимофеев Б.А., Харебов С.К. Электромашинно-вентильный преобразователь 3000В/3х230В системы электроснабжения собственных нужд электропоезда постоянного тока. Сборник Электросила, выпуск 41. – СПб. 2002.

УДК 620.179.16

БЕЗРАЗБОРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ОСЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ПРИ РЕМОНТЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

С.А. Пудовиков

Аннотация

Неразрушающий контроль деталей и узлов подвижного состава при его ремонте в вагонных и локомотивных депо является необходимым условием обеспечения безопасности перевозочного процесса. Рассмотрена методика контроля осей колесных пар вагонов без демонтажа буксового узла.

Ключевые слова: подвижной состав; колесная пара; ось; ультразвук; контроль; дефектоскопия

Введение

В настоящее время в вагонных и локомотивных депо ультразвуковой контроль осей железнодорожного подвижного состава производится с целью выявления недопустимых дефектов путем прозвучивания оси в продольном направлении (руководящий документ РД 07.09-97). При этом пьезоэлектрический преобразователь устанавливается на торец оси или в резьбовую канавку.

Геометрические особенности оси (протяженность в продольном направлении при ограниченных поперечных размерах, наличие переходов одного диаметра в другой) таковы, что на экране дефектоскопа присутствует множество эхо-сигналов, вызванных переотражениями излученных и трансформированных волн и отражениями от конструктивных элементов. Эти сигналы не связаны с наличием дефекта.

Контроль оси разбит по зонам, контролируемым последовательно. При этом остаются без внимания галтели оси – зоны перехода одного диаметра в другой (так как они находятся в так называемых «зонах тени»). Между тем статистика показывает, что в этих зонах зарождается более 10% трещин.

Наличие на торцах осей типа РУ-1Ш болтовых отверстий приводит к тому, что более половины сечения оси не контролируется.

Кроме того, для проведения УЗК должен быть обеспечен доступ к торцу оси, что требует в ряде случаев демонтажа корпуса буксы. Зачастую торцевая поверхность имеет задиры и заусенцы и требует предварительной подготовки для проведения контроля.

Вследствие всего вышеперечисленного действующая методика ультразвукового контроля осей не соответствует современным требованиям достоверности и производительности.

Актуальной задачей является разработка новой методики ультразвукового контроля осей колесных пар вагонов, которая позволяла бы проводить дефектоскопирование осей всех типов без демонтажа буксового узла, обеспечивала объективные результаты контроля с их протоколированием и позволяла бы максимально автоматизировать или механизировать процесс контроля.

1. Ультразвуковой контроль осей с предподступичной части

1.1. Обоснование выбора предподступичной части для ввода ультразвука

У оси с недемонтированным буксовым узлом поверхностями, свободными для ввода ультразвука, являются средняя и предподступичная части и подступичная часть, свободная от ступицы колеса.

При проведении контроля со средней части сложно обеспечить центровку преобразователя в продольном направлении. Диаметр шейки и предподступичной части оси меньше, чем диаметр средней части. Поэтому ультразвуковой пучок, введенный со средней части оси в сторону торца, будет испытывать множество отражений, и на экране дефектоскопа будет присутствовать большое количество ложных эхо-сигналов.

Проведение УЗК с поверхности подступичной части оси тоже затруднительно, так как расстояние от ее внутренней кромки до ступицы имеет большой разброс от оси к оси (от 5 до 54 мм). При этом практически невозможно обеспечить центровку преобразователей на оси. Контроль шейки оси с поверхности подступичной части, прилегающей к внешней кромке ступицы, вообще невозможен из-за наличия галтельного перехода.

Вариант контроля с предподступичной части наиболее предпочтителен. В этом случае расстояния от точки ввода ультразвука до

зон контроля невелики, ультразвуковой пучок расширяется незначительно. Преобразователи устанавливаются за лабиринтное кольцо, входящее в состав буксового узла, и озвучивают зоны оси, в которых наиболее вероятно возникновение трещин (рис. 1).

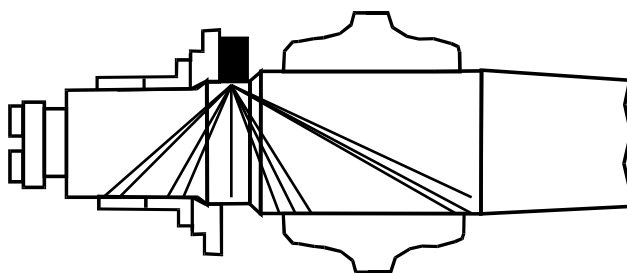


Рис.1. Схема контроля осей с предподступичной части

1.2. Акустический блок для контроля с предподступичной части

Блок содержит несколько преобразователей, излучающих ультразвук определенной частоты и под определенным углом. При вращении колесной пары он упирается в лабиринтное кольцо, и таким образом обеспечивается центровка блока.

Каждый преобразователь предназначен для контроля одной из зон оси. Угол ввода ультразвука определяется местоположением зоны контроля относительно точки.

Трещина, нормальная поверхности, относится к отражателям углового типа. Такой тип дефектов обладает свойством направленности – коэффициент отражения зависит от угла падения и типа волны. Поэтому схемы прозвучивания (углы ввода и типы излучаемых волн) корректировались с учетом экспериментальных исследований на цилиндрическом образце с моделями дефектов.

В ходе исследований были получены амплитудные огибающие от пропилов различной глубины в зависимости от угла падения для продольных и поперечных волн. С учетом этих огибающих были определены зоны контроля вагонных осей (табл.1, рис.2)

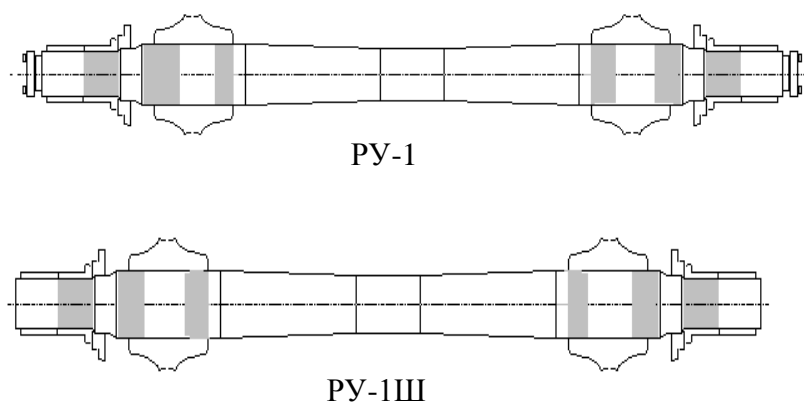


Рис.2. Зоны обнаружения поверхностных дефектов при контроле осей колесных пар грузовых вагонов с предподступичной части

ТАБЛИЦА 1. Зоны обнаружения поверхностных дефектов при контроле осей колесных пар грузовых вагонов с предподступичной части

№ п/п	Зона контроля	Границы зоны контроля, мм от торца	
		ось типа РУ-1	ось типа РУ-1Ш
1	Шейка (включая зону разгрузочной канавки)	150 – 220	113 – 183
2	Подступичная часть оси у внешней кромки ступицы колеса	310 – 345	273 – 308
3	Подступичная часть оси у внутренней кромки ступицы колеса	500 – 550	463 – 513

Преобразователи реализуют эхо-импульсный метод акустического контроля. О наличии дефекта свидетельствует появление сигнала в заданном интервале времени (от момента излучения зондирующего импульса) с амплитудой, превышающей порог, установленный в нормативной документации на контроль.

Один из преобразователей излучает ультразвук нормально. По колебаниям амплитуды полученного эхо-сигнала от донной поверхности предподступичной части можно судить о стабильности акустического контакта между акустическим блоком и поверхностью оси в процессе вращения колесной пары.

2. Многоканальный ультразвуковой дефектоскоп УДС2-52 «ЗОНД-2»

Одной из причин низкой производительности ультразвукового контроля колесных пар является последовательный контроль зон оси или колеса. На сегодняшний день практически все ультразвуковые дефектоскопы, применяемые для дефектоскопирования деталей подвижного состава, реализуют только одноканальный режим работы.

В одноканальном режиме работы ультразвукового дефектоскопа информация представляется в виде развертки типа А – в координатах «амплитуда импульса» – «время прихода» (рис.3, а)

Первый отечественный многоканальный ультразвуковой дефектоскоп УДС2-52 «ЗОНД-2» (Дымкин Г.Я и др., 2004) имеет восемь независимых каналов.

В многоканальном режиме контроля, когда все каналы работают одновременно, развертка типа А неприемлема. Поэтому применяется развертка типа В (Марков А.А., 2000).

В этом случае по оси Х отложено перемещение преобразователя по периметру оси, а по оси Y – время прихода сигнала (рис. 3, б).

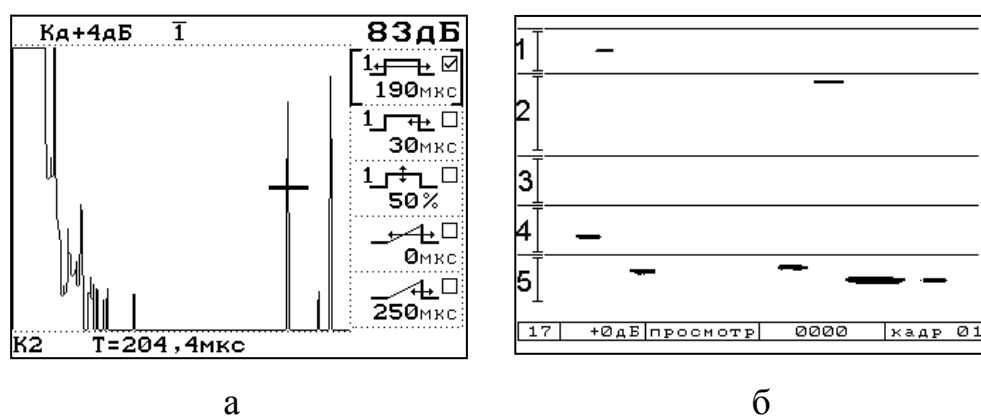


Рис.3. Варианты отображения дефектоскопической информации
а – развертка типа А, б – развертка типа В

Пришедший на приемник импульс отображается на развертке типа В точкой. Каждая черта на экране соответствует эхо-сигналу от дефекта или его модели.

При контроле осей с предподступичной части с применением дефектоскопа УДС2-52 «ЗОНД-2» все преобразователям акустического блока работают одновременно. Контроль зон оси по всему периметру осуществляется за один оборот колесной пары. Это существенно повышает производительность ультразвукового контроля.

Дефектоскоп отображает информацию как в А-, так и в В-развертке. В памяти прибора сохраняются все принятые сигналы, имеется функция воспроизведения динамической картины контроля. Таким образом, процессы контроля объекта и оценки его технического состояния могут быть разнесены во времени.

3. Заключение

Новая технология ультразвукового контроля осей колесных пар вагонов с предподступичной части с использованием многоканального дефектоскопа УДС2-52 «ЗОНД-2» позволяет осуществлять контроль осей

колесных пар подвижного состава на наличие недопустимых дефектов. Отсутствие необходимости демонтировать буксовый узел и работа в многоканальном режиме многократно повышают производительность контроля.

Новая методика и аппаратура прошли эксплуатационные испытания в ряде вагонных депо Октябрьской и Горьковской железных дорог. В настоящее время идет подготовка к приемочным испытаниям.

4. Литература

Руководство по комплексному ультразвуковому контролю колесных пар вагонов РД 07.09-97.

Дымкин Г.Я и др. Принципиальные особенности многоканального ультразвукового дефектоскопа УДС2-52 «ЗОНД-2». В мире НК. – 2004. № 4.

Марков А.А. Альтернативное представление дефектоскопической информации в переносных ультразвуковых дефектоскопах. В мире НК. – 2000. №1.

Путевые работы

УДК 621.873/.875(031)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ НЕРАЗРУШЕНИЯ КОРПУСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОЦИЛИНДРА АУТРИГЕРА ПУТЕВОЙ МАШИНЫ

Д.Е. Попов

Аннотация

В статье определяется вероятность неразрушения корпусных элементов силового гидроцилиндра выносной опоры (аутригера). Рассматривается максимальный неблагоприятный случай нагружения металлоконструкции. Выбран необходимый размер штока по типоряду с учетом заданной вероятности неразрушения.

Ключевые слова: аутригер; гидродомкрат; гидроцилиндр; выносная опора

Введение

При проектировании гидродомкрата расчетная схема (рис. 1) предусматривает действие осевой нагрузки, приложенной к оголовку штока, и составляющей от распорной нагрузки, приложенной также к оголовку штока.

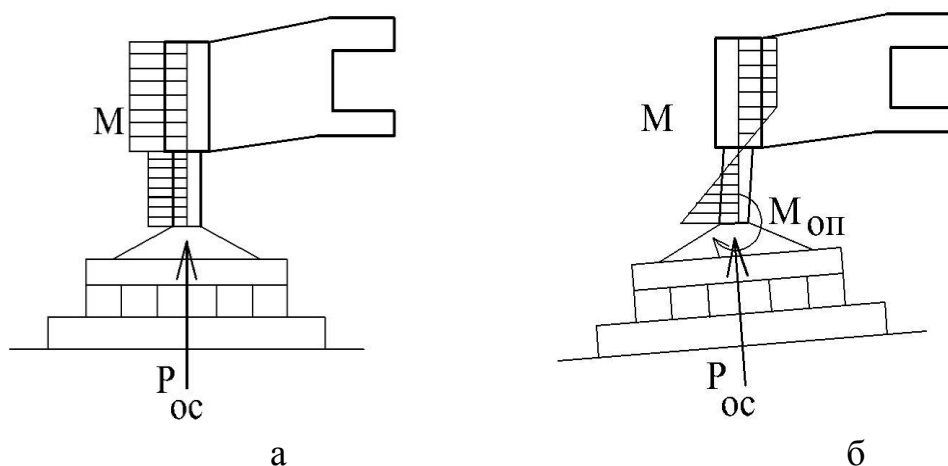


Рис. 1. Формирование расчетной схемы гидродомкрата аутригера
а) штатный случай нагружения; б) нагружение, наблюдаемое на практике

На практике, вследствие неравномерного внедрения опорной плиты в грунт, имеет место смещение опоры штока, в связи с чем, значительно возрастает значение изгибающего момента силы, приложенной к оголовку штока. Таким образом, расчетная схема для гидродомкрата аутригера должна учитывать параметры вероятной просадки грунта в месте опирания опорной подушки крана.

При игнорировании этого фактора в практике эксплуатации свободно стоящих кранов имеют место случаи излома, остаточные изгибные деформации штоков, местная пластическая деформация стенок гильз («развальцовка»).

Разрушение несущих элементов выносной опоры может произойти под действием редко появляющихся максимальных нагрузок: внезапная просадка опор, обрыв груза на крюке, трансформация ядра опирания опорного контура, и прочих нештатных случаях нагружения. В ряде случаев эти нагрузки могут вызывать в деталях деформации, нарушающие нормальную работу узла и приводящие к отказу.

1. Определение режима нагружения системы «выносная опора – гидроцилиндр»

Зная законы распределения нагрузок и прочностных характеристик штока и гильзы, можно определить вероятность неразрушения (вероятность безотказной работы несущего элемент). На рис. 2 представлены плотности $f_1(R)$ распределения несущей способности детали и эксплуатационных нагрузок на нее $f_2(Q)$, приведенные к напряжениям в опасном сечении детали.

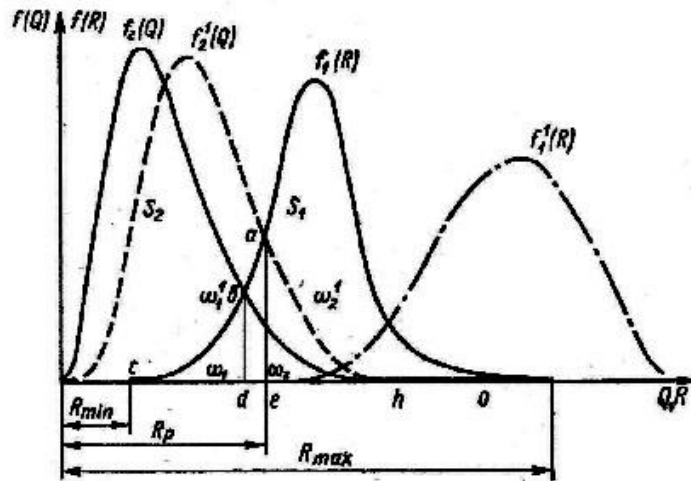


Рис. 2. Плотность распределения нагрузки и несущей способности элемента

Гарантия неразрушения может быть определена по формуле:

$$\Gamma = 1 - \omega_1\omega_2 \quad (1)$$

где $\omega_1\omega_2$ – площади пересечений, обозначенные на рис.2.

Приближенную оценку вероятности неразрушения можно определить, если заменить плотность распределения единичной нагрузки плотностью распределения nt нагрузок (показано пунктиром)

$$f_2'(Q) = \frac{d \left[\int f_2(Q) dQ \right]^m}{dQ} = nt \left[\int f_2(Q) dQ \right]^{m-1} f_2(Q). \quad (2)$$

При этом происходит смещение плотности распределения $f_2'(Q)$ в зону максимальных нагрузок, поскольку с увеличением их числа растет вероятность появления больших нагрузок.

Вероятность разрушения q приближенно может быть оценена произведением $\omega_1\omega_2$ (рис.2), где

$$\omega_1 = \int_{R_{min}}^{R_p} f_1(R) dR; \quad \omega_2 = \int_{R_p}^{Q_{max}} f_2'(Q) dQ, \quad (3)$$

где R_p – абсцисса точек пересечения $f_1(R) f_2'(Q)$.

Вероятность неразрушения

$$1 - \omega'_1 \omega'_2 > p_c > (1 - \omega'_1) (1 - \omega'_2). \quad (4)$$

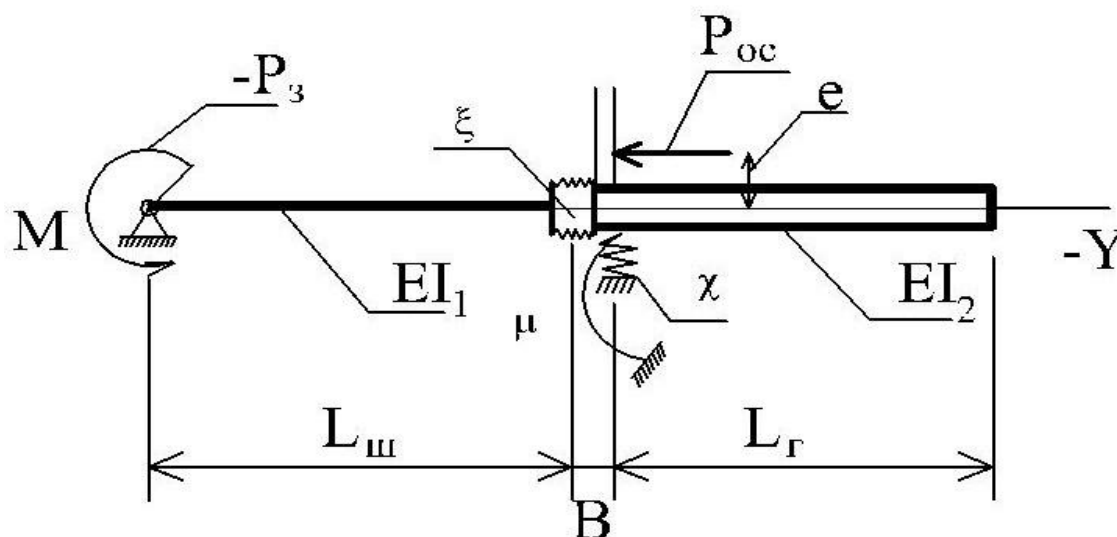


Рис.3. Расчетная схема ГЦ выносной опоры крана на железнодорожном ходу «Сокол-80.01М» (Обозначения см. табл. 1)

Для примера рассмотрим применение этой методики для оценки вероятности неразрушения несущих элементов выносной опоры крана на железнодорожном ходу «Сокол 80.01 М».

ГЦ выносной опоры крана на железнодорожном ходу «Сокол» представляет собой одноступенчатый силовой гидроцилиндр (ГЦ), имеющий упруго-шарнирное опирание штока в опорном подпятнике.

ТАБЛИЦА 1. Параметры гидродомкрата выносной опоры крана на железнодорожном ходу «СОКОЛ 80.01 М»

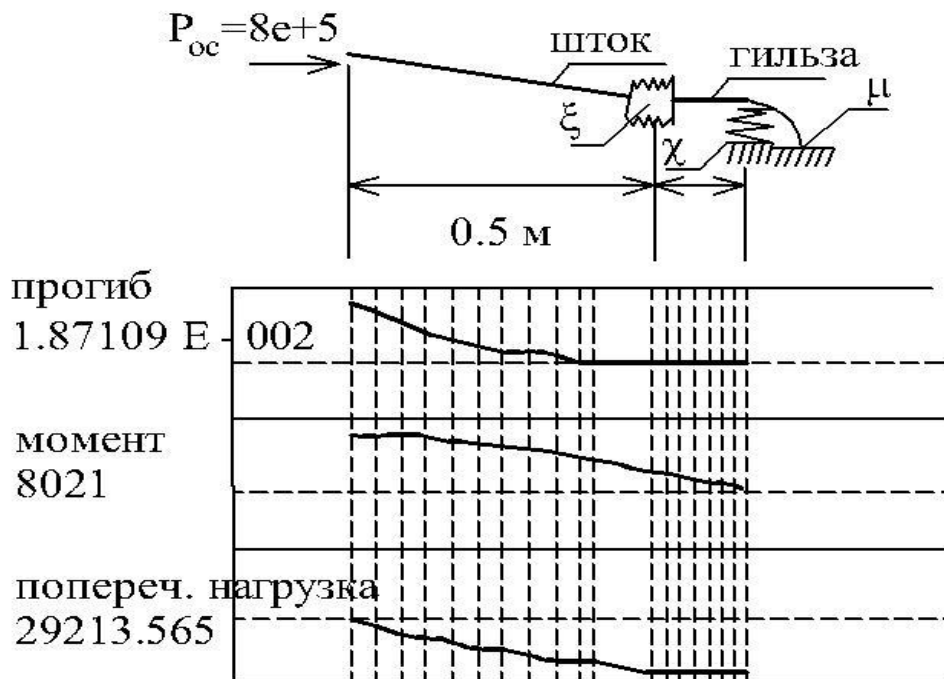
Наименование параметра		Обозначение	Значение
Осевая нагрузка, (т)		$P_{ос}$	70
Рабочее давление, (МПа)		P	25
Длина штока, (м)		$L_{ш}$	1.1
Длина гильзы (до опоры), (м)		$L_{г}$	0.3
высота шпальной выкладки, (м)		$L_{шп}$	1.14
Гильза Диаметр, (м)	Внешний	D	0.25
	Внутренний		0.2

Шток Диаметр, (м)	Внешний	D	0.16
	Внутренний		0.1
Величина заделки поршня в гильзе, (м)		B	0.2
Зазор в сочленении «поршень-гильза», (м)		z	2.2e-4
Жесткость телескопического сочленения (Н/рад)		ξ	3.5e-5
Линейная жесткость опоры, (Н/м) (моделирование линейной податливости узла)	шток	χ	5e+7
	гильза		7e+9
Угловая жесткость опоры, (Н/рад) (моделирование угловой податливости узла)	шток	μ	2e+7
	гильза		4e+7
Жесткость ступеней, (Нм ²)		EI_1 EI_2	2,94·10 ⁶ 3,98·10 ⁶
Эксцентриситет приложения нагрузки (м)		e	9·10 ⁻³

Определим числовые характеристики для выборки эксплуатационных опрокидывающих моментов и осевых сил.

По выборке моментов имеет место достаточно большой размах $R=89-9=80$, поэтому составим вариационный ряд по интервалам значений, используя

пр
и
вы
бо
рк
е
за
да
нн
ые
на
ча
ло
пе
рв
ог
о
ин
те
рв



ала и длину интервала (рис.4). Гистограмма вариационного ряда выборки "МОМЕНТ" представлена на рис. 4.

Рис.4. Эпюры прогибов, моментов и поперечных сил в сечениях силового гидроцилиндра

ТАБЛИЦА 2. Режим нагружения крана на железнодорожном ходу «СОКОЛ 80.01 М»

N п/п	Параметры					
	$Q, т$	n_i	$L, м$	$M, мм$	$\alpha, ^\circ$	$P_{oc}, кН$
1	10	4	25	350	30	800
2	15	6	23,6	342	35	756
3	25	8	22,2	330	39	704
4	45	8	18	320	45	653
5	60	2	15,2	310	48	542
6	80	1	6,5	300	49	400

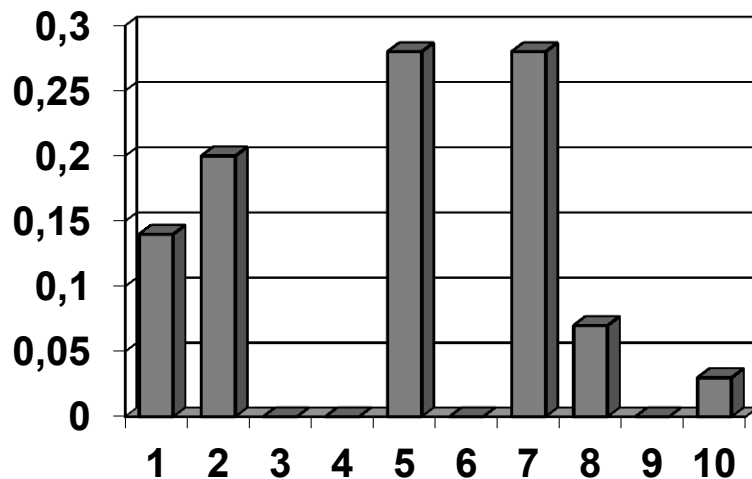
Для вычисления среднего арифметического и дисперсии примем $C = 53$ и $K = 8$.

$$MX = \frac{\sum_{i=1}^{10} \frac{x_i - C}{K} \cdot n_i}{n} \cdot K + C, \quad (5)$$

$$\bar{S}^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{10} (x_i - C)^2 - (MX - C)^2, \quad (6)$$

где $MX = \frac{-36}{29} \cdot 8 + 53 = 43(мм)$, $\bar{S}^2 = \frac{1}{29} \cdot 5440 - (43 - 53)^2 = 188 - 100 = 88(м^2)$

«Момент»



номер интервала

Рис.5. Гистограмма вариационного ряда выборки "МОМЕНТ"

Среднеквадратическое отклонение

$$\bar{S} = \sqrt{\bar{S}^2} = \sqrt{88} = 9,4(\text{мм}),$$

Находим моду

$$\begin{aligned} Mo &= x_0 + 3K \cdot \frac{w_i - w_{i-1}}{(w_i - w_{i-1}) + (w_i - w_{i+1})} = \\ &= 41 + 3 \cdot 8 \cdot \frac{0,28}{0,28 + 0,21} = 54,7(\text{мм}), \end{aligned} \quad (7)$$

и медиану

$$Me = x_0 + K \frac{\frac{n}{2} - T_{i-1}}{n_i} = 49 + 16 \frac{\frac{29}{2} - 18}{4} = 35(\text{мм}). \quad (8)$$

ТАБЛИЦА 3.

Внешний силовой фактор	$Mx(\bar{M})/(\bar{N})$	$\bar{S}(\bar{S}_M)/(\bar{S}_N)$
МОМЕНТ, Нм	430000	94000
ОСЕВАЯ, Н	73073	13038

2. Определение вероятности неразрушения по заданным геометрическим параметрам

Математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение предела текучести, для стали штока и гильзы соответственно равны: $\bar{R}_0^u = 600 \text{ МПа}$, $\sigma_0^u = 72 \text{ МПа}$, $\bar{R}_0^c = 360 \text{ МПа}$. Максимальное значение эксплуатационного изгибающего момента и осевой нагрузки: $M_{max} = 36000 \text{ (Нм)}$, $N_{max} = 75000 \text{ (Н)}$; коэффициент перехода от предела текучести полученной при растяжении к пределу текучести при изгибе $\varepsilon_T = 1,2$ коэффициент, учитывающий размеры детали $T = 1,1$; коэффициент учитывающий особенности изготовления $e = 1,2$; количество нагружений за час $n = 10$; количество часов работы в год $T = 500$; продолжительность эксплуатации 20 лет.

1. Параметры приведенной нагрузки в опасном сечении, выраженные в напряжениях: $Q = 67,2 \text{ МПа}$; $S = 14,3 \text{ МПа}$; $Q_{max} = 192 \text{ МПа}$.

2. Параметры распределения несущей способности:

Коэффициенты пропорциональности: $\alpha = b = 0,9$.

Матожидание и среднеквадратическое отклонение несущей способности: $R^u = 540 \text{ МПа}$; $R^c = 324 \text{ МПа}$; $\sigma^u = 64,8 \text{ МПа}$; $\sigma^c = 58,5 \text{ МПа}$; $nt = 5 \cdot 10^5$.

3. Вероятность неразрушения p_c определим по номограммам, для чего вычислим:

$$\frac{\bar{Q}}{R_{ц}} = \frac{67,2}{540} = 0,124 ; \quad \frac{S}{R_{ц}} = \frac{14,3}{540} = 0,026 ; \quad \frac{\sigma^u}{R_{ц}} = \frac{64,8}{540} = 0,12 ;$$
$$k = \frac{Q_{max} - \bar{Q}}{S} = \frac{190 - 67,2}{14,3} = 8,6$$

Тогда находим $p_c = 0,98$ при $K = 8$, и при $K = 8,6$ значение $p_c = 0,975$.

3. Определение прочностных размеров, обеспечивающих заданную вероятность неразрушения

Исходные данные взяты из предыдущего раздела $p_c = 0,999$.

1. Находим отношение $\frac{\bar{Q}}{S} = \frac{67,2}{14,3} = 4,67$.

2. Находим $\frac{\bar{Q}}{S} = 4,67$ при $K = 8$ и $\frac{\sigma^u}{R_{ц}} = 0,12$

3. Находим $\frac{\bar{Q}}{R_{ц}} = 0,164$

4. Экстраполируем при $K = 8,6$ $\frac{\bar{Q}}{R_{ц}} = 0,108$

5. Находим $\bar{Q} = 0,108 \cdot 540 = 58,32$ (МПа)

6. Тогда геометрические размеры штока принимаем: $D_{шт} = 0.167$ (м) $d = 0,1$ (м).

С учетом стандартного ряда типоразмера манжет принимаем ближайший диаметр 180 мм.

Таким образом, чтобы исключить любую возможность разрушения штока, требуется увеличить внешний диаметр штока на 20 мм. Определенное увеличение массы элемента при этом оказывается экономически целесообразным, поскольку устраняются мероприятия по производству ремонта элемента и его периодического обслуживания.

4. Литература

Александров М.П., Гохберг М.М., Ковин А.А. и др. Справочник по кранам. Т.1-2. – Машиностроение. 1988.

Одинг И.Л. Допускаемые напряжения в машиностроении и циклическая прочность металлов. – М.: Машгиз, 1962. – 260 с.

Панкратов С.А. Конструкция и основы расчета главных узлов экскаваторов и кранов. Машгиз. 1962.

ТУ 24.04.270-83 “Краны на железнодорожном ходу”.

УДК 625.143.541

ПОИСК ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ СХОДОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ИЗ-ЗА РАСПОРА КОЛЕИ

А.В. Селезнев

Аннотация

Сход из-за распора колеи – отжатие гребнем одного колеса головки рельса за счет его упругого наклона и провала второго колеса внутрь колеи с другого рельса. Выполнены обзор и анализ, предлагаемых в настоящее время технических решений по недопущению данного вида схода подвижного состава с рельсов. Разработано оригинальное техническое решение.

Ключевые слова: сход подвижного состава; звеньевой путь; промежуточное рельсовое скрепление

Введение

Сход подвижного состава из-за распора колеи наиболее распространен на участках с деревянными шпалами и типовым костыльным скреплением происходит вследствие отжатия гребнем одного колеса головки рельса за счет его упругого наклона и провала второго колеса внутрь колеи с другого рельса.

По результатам проведенных экспериментов и теоретических расчетов ВНИИЖТом разработаны нормативы допускаемого бокового воздействия колес тележки на путь с деревянными шпалами по условию предотвращения распора колеи:

от воздействия одной колесной пары допускаемое значение боковой силы не должно превышать следующего уровня

$$H_{\sigma} \leq \frac{6,89}{1-0,02P_0} \quad (\text{при } P_0 \leq 30 \text{ тс}) \quad (1)$$

при групповом действии двух колесных пар тележки вагона

$$\sum H_{\sigma} \leq \frac{9,68}{1-0,02P_0} \quad (2)$$

С увеличением массы и длины грузовых поездов при переходных режимах движения (при этом на первое место выдвигается неустановившееся торможение) все более острой становится проблема выполнения условий (1) и (2).

Ситуацию усугубляют наличие в пути шпал с разработанными костыльными отверстиями, установка не полного комплекта костылей в узле промежуточного скрепления, нарушение технологии забивки костылей и др.

1. Перспективы перехода на бесстыковую конструкцию пути

Переход на железобетонные шпалы и отдельное промежуточное скрепление позволит избежать данного вида схода, так как будет невозможен отрыв подошвы рельса от подкладки.

Основопологающим направлением реорганизации путевого комплекса является максимальное расширение полигона бесстыкового пути. При этом полигон на железобетонных шпалах к 2004 г. составил 44% от развернутой длины главных путей, а к 2010 г. планируется его увеличение до 69%. Полный переход на эту конструкцию пути займет продолжительный период времени.

Условия работы отечественных железных дорог очень разнообразны и отличаются: климатическими условиями (амплитуды колебания температур

рельсов; перепады температур зимой и летом, в течение суток; районы пустынь и полупустынь с интенсивной пескозаносимостью), величиной грузонапряженности, скоростями движения поездов, осевыми нагрузками, характером перевозимых грузов и др. Эти факторы оказывают существенное влияние на зоны применения бесстыкового пути. Кроме этого будут существовать полигоны, где применение бесстыковой конструкции пути технически и экономически нецелесообразно. Например, при малых размерах движения поездов, больших годовых амплитудах колебаний температур рельсов, необходимости сезонных разрядок напряжений.

2. Анализ предлагаемых технических решений по предотвращению сходов из-за распора колес

Для ликвидации сходов подвижного состава из-за распора колес необходимо обеспечить отсутствие отрыва внутренней кромки подошвы рельса от подкладки при современных величинах бокового воздействия колес тележки на путь.

В современных эксплуатационных условиях типовое костыльное скрепление не гарантирует надежного прижатия подошвы рельса к подкладке.

Одно из технических решений по предотвращению распора рельсовой колес – противораспорная костыльная подкладка (Лысюк В.С., 2002). Противораспорная костыльная подкладка к рельсам Р65 и Р75 (рис. 1) с асимметричной относительно рельса и увеличенной площадью опирания, предотвращающая сход колес с рельсов из-за распора колес, имеет вместо внутренних основных костылей «лапу» захватывающую подошву рельса. Макетные образцы указанных подкладок испытаны, рабочие чертежи, технические условия утверждены ЦП МПС. Однако, представленный вариант решения задачи нельзя считать оптимальным по следующим причинам:

во-первых, замена типовых подкладок на противораспорные займет много времени;

во-вторых, возникает необходимость в разработке новых или модернизации старых путевых инструментов и изменении технологий выполнения работ на пути с новым скреплением;

в-третьих, предлагаемое промежуточное скрепление является аналогом получившего в свое время широкое распространение на ряде железных дорог лапчато-реборчатого скрепления (рис. 2.а и б), у которого с наружной (рис. 2.а) или с внутренней стороны (рис. 2.б) имеется лапа, захватывающая подошву рельса, а с другой стороны рельс, как обычно, прикрепляется шурупом или костылем. Практика показала,

что лапы с течением времени изнашиваются, отворачиваются наружу и перестают плотно держать рельс.

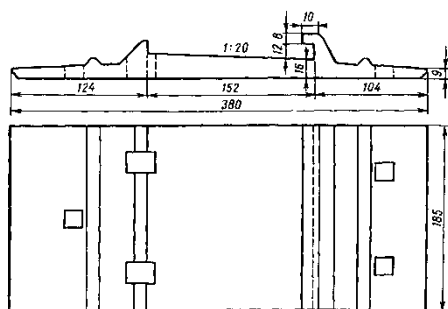


Рис. 1. Противораспорная костыльная подкладка к рельсам Р65 и Р75

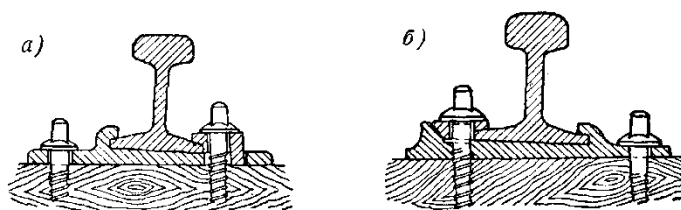


Рис. 2. Лапчато-ребордчатое промежуточное крепление

3. Техническое решение проблемы

Проанализировав недостатки, определено направление поиска решения задачи – модернизация узла промежуточного костыльного крепления, и требования к нему:

крепление должно быть противораспорным, надежным и малодетальным;

появление в конструкции пути нового крепления не должно привести к серьезным изменениям в конструкции путевых инструментов и технологиях выполнения работ;

введение модернизированного крепления в эксплуатацию должно осуществиться в короткие сроки и с минимальными затратами;

применение нового крепления должно не только увеличить надежность конструкции пути с деревянными шпалами, но и сократить расходы на его содержание.

Принцип решения задачи – введение в конструкцию крепления дополнительного элемента – противораспорной клеммы. На рис. 3 представлена противораспорная клемма.

Клемма должна изготавливаться из стали, обеспечивающей ее длительную работу при циклических упругих деформациях. Принцип действия противораспорной клеммы основан на изменении точки вращения рельса при раскантовке. При действии на рельс боковой поперечной силы со стороны гребня колеса, стремящейся его раскантовать, рычаг противораспорной клеммы, опирающийся на подкладка промежуточного крепления с наружной стороны рельсовой колеи вступает в работу. Для недопущения самопроизвольного перемещения клеммы вдоль рельса из-за вибродинамического воздействия от подвижного состава, ее конструкция позволяет работать как

противоугол, т.е. при установки ее на подошву рельса возникают монтажные усилия. Для точной установки противораспорной клеммы на рычаге предусмотрена канавка, которая заходит на наплыв подкладки.

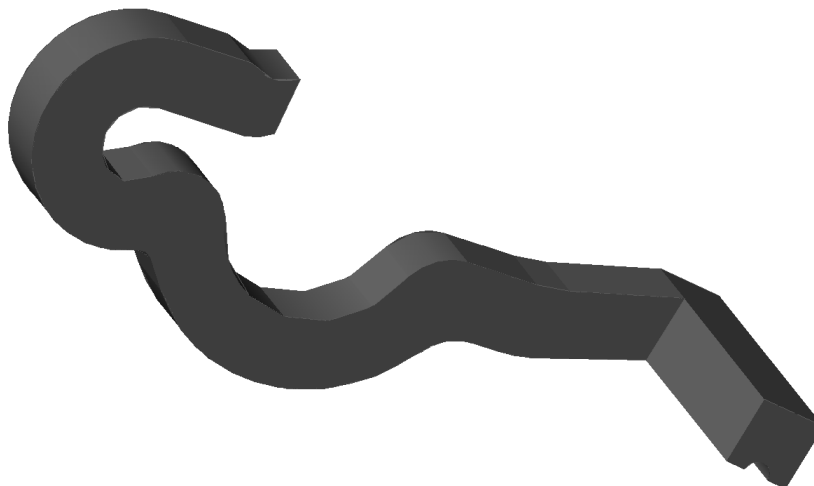


Рис. 3. Противораспорная клемма

Противораспорные клеммы, в первую очередь, целесообразно устанавливать по наружной рельсовой нити в кривых участках пути. С позиции сохранения равного сопротивления уgonу двух рельсовых нитей на противоположную рельсовую нить необходимо установить обычные противоугоны. Узел промежуточного костыльного скрепления с установленной противораспорной клеммой представлен на рис. 4.

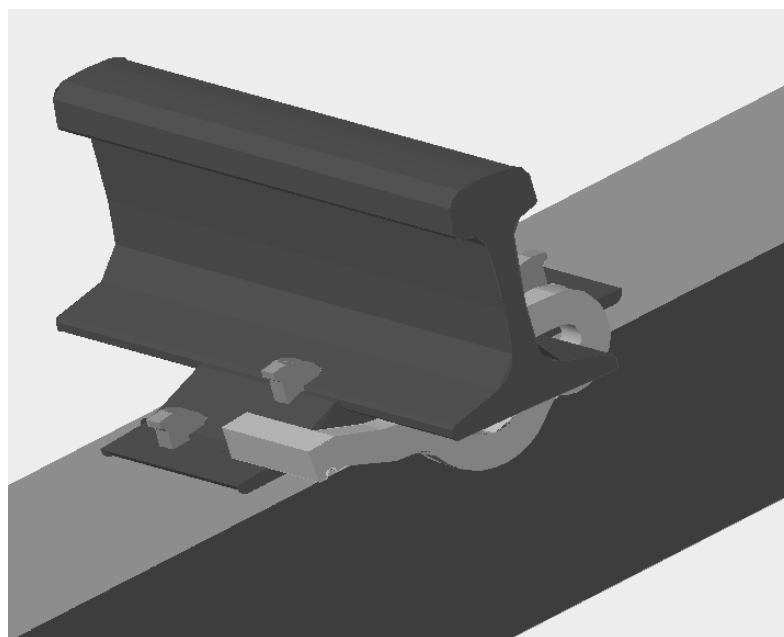


Рис. 4. Узел костыльного рельсового крепления
с установленной противораспорной клеммой

Достоинства противораспорной клеммы:
ликвидация распора рельсовой колеи на участках с деревянными шпалами и костыльным креплением гребнями колес подвижного состава;
возможность применения ее на стрелочных переводах;
отсутствие изменений в стандартном путевом инструменте и типовых технологиях путевых работ;
обеспечение функции противоугона;
уменьшение разработки костыльных отверстий;
увеличение срока службы шпал;
надежность;
простота изготовления;
не трудоемкий монтаж и демонтаж.

На данный момент ведется разработка Технических условий на использование противораспорной клеммы.

4. Литература

- Лысюк В.С. Причины и механизмы схода колес с рельса. Проблема износа колес и рельсов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2002.
- Путь и путевое хозяйство / Г.М. Шахунянц. – Государственное транспортное железнодорожное издательство, 1949.
- Бесстыковой путь / В.Г. Альбрехт, Н.П. Виноградов, Н.Б. Зверев и др.; под ред. В.Г. Альбрехта, А.Я. Когана. – М.: Транспорт, 2000.
- Рождение изобретения (стратегия и тактика решения изобретательских задач)/ А.И. Гасанов, Б.М. Гохман, А.П. Ефимочкин и др. – М.: Интерпракс, 1995.

Искусственные сооружения

УДК 624.042.8

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СВЯЗАННОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ "МОСТ-ПОЕЗД"

М.М. Евстифеев

Аннотация

Рассматриваются совместные свободные колебания механической системы "мост-поезд", а также частоты и формы парциальных подсистем. Такого рода исследования предшествуют динамическому расчету вынужденных колебаний системы, так как

характеристики свободных колебаний определяют индивидуальные динамические свойства механической системы.

Ключевые слова: свободные колебания механической системы; парциальные частоты; взаимодействие системы мост-поезд

Введение

В связи с тенденциями развития высокоскоростного движения на железных дорогах мира и предстоящим строительством высокоскоростных магистралей в России все большее значение получают вопросы исследования динамического взаимодействия пролетных строений железнодорожных мостов и высокоскоростного подвижного состава.

При исследовании этих вопросов важным является отражение в математических моделях существенных конструктивных особенностей пролетных строений: наиболее целесообразным является использование на ВСМ двухпутных строений как со сплошной стенкой и ездой поверху, так и пролетных строений с решетчатыми фермами и ездой понизу.

С точки зрения анализа процессов динамического взаимодействия мостов с подвижным составом это приводит к высокой степени связности системы дифференциальных уравнений, описывающих вертикальные, горизонтальные и крутильные колебания пролетных строений.

Численному расчету взаимодействия динамической системы "мост-поезд" (вынужденных совместных колебаний подвижного состава с пролетным строением) предшествует анализ собственных частот и собственных форм совместных колебаний, так как они (частоты и формы) полностью определяют динамические свойства механической системы.

Формы этих колебаний зависят от связности между парциальными подсистемами механической системы "мост-поезд". Эта связность определяется в значительной мере наличием зон перекрытия спектров частот свободных колебаний частей системы "пролетное строение" и "высокоскоростной подвижной состав".

В статье приводятся результаты исследования частот и форм колебаний парциальных подсистем пролетного строения моста и экипажной части и проводится анализ совместных свободных колебаний системы "мост-поезд".

1. Описание математической модели

1.1. Модель экипажа

Расчетная схема состоит из четырехосного вагона с двойным рессорным подвешиванием (рис. 1) и представляющего собой симметричную конструкцию. Кузов и рамы тележек считаются твердыми

телами, имеющими по шесть степеней свободы, определяемых следующими независимыми координатами: x_K, x_{T1}, x_{T2} – подергивания; y_K, y_{T1}, y_{T2} – боковые оттопы; z_K, z_{T1}, z_{T2} – подпрыгивания; $\theta_K, \theta_{T1}, \theta_{T2}$ – боковые качки; $\varphi_K, \varphi_{T1}, \varphi_{T2}$ – галопирования; $\psi_K, \psi_{T1}, \psi_{T2}$ – виляния кузова, первой и второй тележек соответственно.

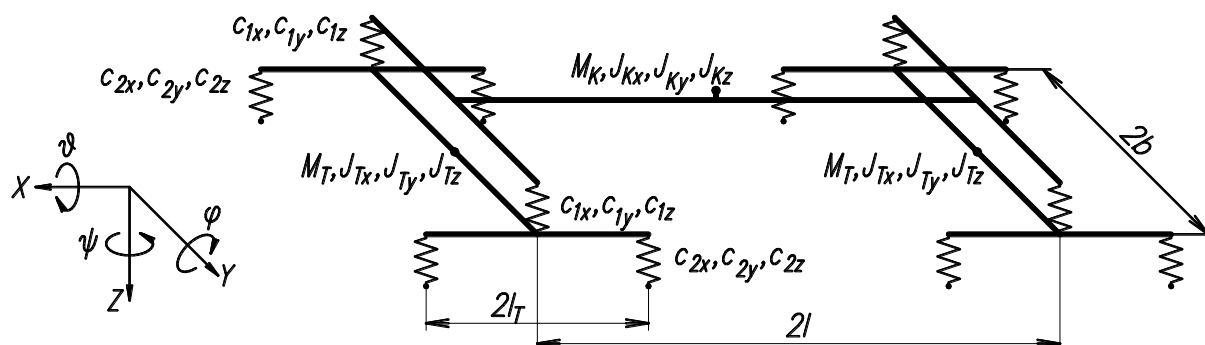


Рис. 1. Расчетная схема экипажной части

В схеме приняты следующие обозначения: M_K, M_T – массы кузова и тележек соответственно; $J_{KX}, J_{KY}, J_{KZ}, J_{TX}, J_{TY}, J_{TZ}$ – моменты инерции кузова и тележек относительно соответствующих осей; $2l, 2l_T$ – базы кузова и тележки соответственно; $2b$ – расстояние между рессорными комплектами; $c_{1x}, c_{1y}, c_{1z}, c_{2x}, c_{2y}, c_{2z}$ – жесткости первой и второй ступеней подвешивания в продольном, поперечном и вертикальном направлениях соответственно; g – ускорение свободного падения.

При составлении расчетной схемы учитывались конструктивные особенности реального объекта исследования. Так, например, низкое расположение центра тяжести кузова при относительно большой базе вагона позволило пренебречь его высотой относительно комплектов первичного подвешивания.

Кинетическая и потенциальная энергии подсистемы описываются выражениями (1) и (2):

$$T_{II} = \frac{1}{2} (M_K \dot{x}_K^2 + M_K \dot{y}_K^2 + M_K \dot{z}_K^2 + J_{KX} \dot{\theta}_K^2 + J_{KY} \dot{\varphi}_K^2 + J_{KZ} \dot{\psi}_K^2 + M_T \dot{x}_{T1}^2 + M_T \dot{y}_{T1}^2 + M_T \dot{z}_{T1}^2 + J_{TX} \dot{\theta}_{T1}^2 + J_{TY} \dot{\varphi}_{T1}^2 + J_{TZ} \dot{\psi}_{T1}^2 + M_T \dot{x}_{T2}^2 + M_T \dot{y}_{T2}^2 + M_T \dot{z}_{T2}^2 + J_{TX} \dot{\theta}_{T2}^2 + J_{TY} \dot{\varphi}_{T2}^2 + J_{TZ} \dot{\psi}_{T2}^2) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{II} = & -M_K g z_K - M_T g z_{T1} - M_T g z_{T2} + \frac{c_{1x}}{2} \left(\sum \chi_{1i}^x \right)^2 + \frac{c_{1y}}{2} \left(\sum \chi_{1i}^y \right)^2 + \\ & + \frac{c_{1z}}{2} \left(\sum \chi_{1i}^z \right)^2 + \frac{c_{2x}}{2} \left(\sum \chi_{2i}^x \right)^2 + \frac{c_{2y}}{2} \left(\sum \chi_{2i}^y \right)^2 + \frac{c_{2z}}{2} \left(\sum \chi_{2i}^z \right)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Функции χ_1^z, χ_2^z в выражении (2) описывают сжатия рессорных комплектов первичного и вторичного подвешивания; $\chi_1^x, \chi_1^y, \chi_2^x, \chi_2^y$ – сдвиги рессорных комплектов подвешивания в продольном и поперечном направлениях.

1.2. Модель пролетного строения моста

Подвижной состав взаимодействует с однопролетным балочным железнодорожным мостом. Перемещения пролетного строения представляются в виде разложения по формам свободных колебаний нагруженной конструкции:

$$x(\xi) = \sum_{j=1}^S q_j^{(1)} X_j^i \quad y(\xi) = \sum_{j=1}^S q_j^{(2)} X_j^{\bar{A}} \quad z(\xi) = \sum_{j=1}^S q_j^{(3)} X_j^{\hat{A}} \quad (3)$$

где $x(\xi), y(\xi), z(\xi)$ – перемещения пролетного строения в продольном, горизонтальном и вертикальном направлениях соответственно; q_j^k ($k = 1, 2, 3$) – обобщенные координаты для пролетного строения моста; $X_j^i, X_j^{\bar{A}}, X_j^{\hat{A}}$ – фундаментальные функции, соответствующие j -м формам свободных колебаний; S – количество учитываемых форм колебаний.

Так как низшие формы крутильных колебаний остаются неизменными по длине сооружения, то в качестве обобщенной координаты, описывающей это движение, можно выбрать угол поворота вокруг центральной продольной оси φ для пролетного строения в целом.

Кинетическая и потенциальная энергии подсистемы определяются выражениями (4) и (5):

$$T_i = \frac{m}{2} \int_0^l \left(\sum \dot{q}_j^{(1)} X_j^i \right)^2 dx + \frac{m}{2} \int_0^l \left(\sum \dot{q}_j^{(2)} X_j^{\bar{A}} \right)^2 dx + \frac{m}{2} \int_0^l \left(\sum \dot{q}_j^{(3)} X_j^{\hat{A}} \right)^2 dx + \frac{J_{iN}}{2} \dot{\varphi}^2 \quad (4)$$

$$\dot{T}_i = \frac{EF}{2} \int_0^l \left(\frac{\partial^2 \left(\sum q_j^{(1)} X_j^i \right)}{\partial x^2} \right)^2 dx + \frac{EJ_Y}{2} \int_0^l \left(\frac{\partial^2 \left(\sum q_j^{(2)} X_j^{\bar{A}} \right)}{\partial x^2} \right)^2 dx + \frac{EJ_Z}{2} \int_0^l \left(\frac{\partial^2 \left(\sum q_j^{(3)} X_j^{\hat{A}} \right)}{\partial x^2} \right)^2 dx + \frac{\tilde{n}_\varphi \varphi^2}{2} \quad (5)$$

где m – погонная масса пролетного строения; l – расчетный пролет; J_{iN} – приведенный момент инерции относительно центральной продольной оси; E – модуль Юнга; F – площадь поперечного сечения; J_Y, J_Z – моменты

инерции сечений балочного пролетного строения, c_φ – угловая жесткость, φ – угол поворота поперечного сечения вокруг продольной оси x .

1.3. Модель свободных колебаний связанной системы "мост-поезд"

Дифференциальные уравнения свободных колебаний совместной системы составляются с помощью уравнений Лагранжа II рода вида:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} = 0 \quad (6)$$

где T и Π – соответственно кинетическая и потенциальная энергии системы; q_i – обобщенные координаты, определяющие конфигурацию механической системы, которая имеет $(18+S)$ степеней свободы (18 степеней свободы экипажной части и S рассматриваемых форм колебаний пролетного строения).

Система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$[A]\{\ddot{q}\} + [C]\{q\} = 0 \quad (7)$$

где $[A]$ – матрица инерции; $[C]$ – матрица жесткости, $\{q\}$, $\{\ddot{q}\}$ – матрицы столбцы обобщенных координат и обобщенных ускорений соответственно.

Матрица инерции $[A]$ имеет диагональный вид.

Матрица жесткости $[C]$ – симметричная вида (см. след. стр.).

Коэффициенты $c_{7,19}$, $c_{8,19} \dots c_{18,19}$ содержат матрицы-строки размерности $1 \times S$, представляющие собой сложные функции зависящие от форм колебаний. Коэффициент $c_{19,19}$ – квадратная матрица размерности $S \times S$, где S – количество учитываемых форм колебаний.

$$C = \begin{pmatrix} c_{1,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{1,7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{1,13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_{2,2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{2,8} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{2,14} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_{3,3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{3,9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{3,15} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_{4,4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{4,10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{4,16} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{5,5} & 0 & 0 & 0 & c_{5,9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{5,15} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{6,6} & 0 & c_{6,8} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{6,14} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ c_{7,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{7,7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{7,19} \\ 0 & c_{8,2} & 0 & 0 & 0 & c_{8,6} & 0 & c_{8,8} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{8,19} \\ 0 & 0 & c_{9,3} & 0 & c_{9,5} & 0 & 0 & 0 & c_{9,9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{9,19} \\ 0 & 0 & 0 & c_{10,4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{10,10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{10,19} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{11,11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{11,19} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{12,12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{12,19} \\ c_{13,1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{13,13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{13,19} \\ 0 & c_{14,2} & 0 & 0 & 0 & c_{14,6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{14,14} & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{14,19} \\ 0 & 0 & c_{15,3} & 0 & c_{15,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{15,15} & 0 & 0 & 0 & c_{15,19} \\ 0 & 0 & 0 & c_{16,4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{16,16} & 0 & 0 & c_{16,19} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{17,17} & 0 & c_{17,19} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{18,18} & c_{18,19} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & c_{19,7} & c_{19,8} & c_{19,9} & c_{19,10} & c_{19,11} & c_{19,12} & c_{19,13} & c_{19,14} & c_{19,15} & c_{19,16} & c_{19,17} & c_{19,18} & c_{19,19} \end{pmatrix}$$

где

$$\begin{aligned} c_{1,1} &= 4c_{1X}; & c_{1,7} &= c_{1,13} = c_{7,1} = c_{13,1} = -2c_{1X}; \\ c_{2,2} &= 4c_{1Y}; & c_{2,8} &= c_{2,14} = c_{8,2} = c_{14,2} = -2c_{1Y}; \\ c_{3,3} &= 4c_{1Z}; & c_{3,9} &= c_{3,15} = c_{9,3} = c_{15,3} = -2c_{1Z}; \\ c_{4,4} &= 4c_{1Z}b^2; & c_{4,10} &= c_{4,16} = c_{10,4} = c_{16,4} = -2c_{1Z}b^2; \\ c_{5,5} &= 4c_{1Z}l^2; & c_{5,9} &= c_{5,15} = c_{9,5} = c_{15,5} = -2c_{1Z}l; \\ c_{6,6} &= 4c_{1Y}l^2; & c_{6,8} &= -c_{6,14} = c_{8,6} = -c_{14,6} = 2c_{1Y}l; \\ c_{7,7} &= c_{13,13} = 2c_{1X} + 4c_{2X}; & c_{8,8} &= c_{14,14} = 2c_{1Y} + 4c_{2Y}; & c_{9,9} &= c_{15,15} = 2c_{1Z} + 4c_{2Z}; \\ c_{10,10} &= c_{16,16} = 2c_{1Z}b^2 + 4c_{2Z}b^2; & c_{11,11} &= c_{17,17} = 4c_{2Z}l_T^2; & c_{12,12} &= c_{18,18} = 4c_{2X}l_T^2 + 4c_{2Y}b^2 \\ c_{7,19} &= c_{19,7}^T = [F(X^H)]; & c_{8,19} &= c_{19,8}^T = [F(X^G)]; & c_{9,19} &= c_{19,9}^T = [F(X^B)]; \\ c_{10,19} &= c_{19,10}^T = [F(X^B)]; & c_{11,19} &= c_{19,11}^T = [F(X^B)]; & c_{12,19} &= c_{19,12}^T = [F(X^H, X^G)]; \\ c_{13,19} &= c_{19,13}^T = [F(X^H)]; & c_{14,19} &= c_{19,14}^T = [F(X^G)]; & c_{15,19} &= c_{19,15}^T = [F(X^B)]; \\ c_{16,19} &= c_{19,16}^T = [F(X^B)]; & c_{17,19} &= c_{19,17}^T = [F(X^B)]; & c_{18,19} &= c_{19,18}^T = [F(X^H, X^G)]; \\ c_{19,19} &= [F(X^H, X^G, X^B)] \end{aligned}$$

2. Численный расчет

Численный эксперимент проводился для прицепного вагона электропоезда ВСМ-ЭПС и типового пролетного строения, предложенного для использования при строительстве ВСМ. Пролетное строение двухпутное, неразрезное коробчатое, железобетонное длиной 44 м. Расчет проводился средствами конечно-элементного анализа.

Расчету совместных свободных колебаний системы "мост-поезд" предшествовал расчет свободных колебаний парциальных подсистем.

Количество учтенных форм колебаний пролетного строения выбрано в соответствии с полученным диапазоном частот форм колебаний для экипажной части (до 35 Гц).

На рис. 2 приведены спектры частот свободных колебаний связанной системы "мост-поезд". Стрелками отмечены формы и частоты колебаний пролетного строения, при которых оно оказывает существенное воздействие на подвижной состав. Данные таких перекрывающихся форм приведены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. Перекрывающиеся частоты и формы колебаний систем, определяющие совместность колебаний

Частота, Гц	Формы колебаний	
	Пролетного строения	подвижного состава
2,96	I крутильная	боковой относ и боковая качка кузова и тележек
3,42	I вертикальная	подпрыгивание кузова и тележек
10,58	II вертикальная	галопирование, боковая качка и боковой относ тележек
11,27	Смешанная форма	
11,39		
14,81		галопирование и подергивание тележек

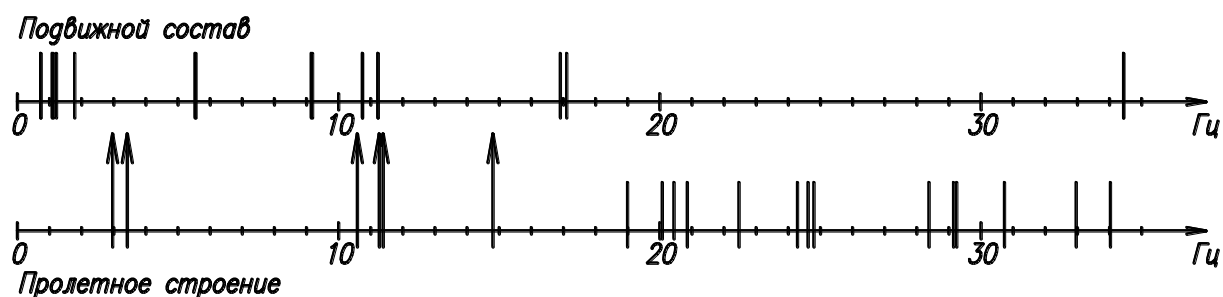


Рис. 2 Спектры частот свободных колебаний системы "мост-поезд"

3. Заключение

Результаты исследования позволили выделить зоны перекрытия спектров колебаний частей системы, в которых происходят наиболее интенсивные процессы взаимодействия динамических процессов вследствие большей связности подсистем.

Также удалось выявить зоны разделения высокочастотных и низкочастотных колебаний, в которых динамические процессы описываются в терминах воздействия на подсистемы «пролетное

строение» и подвижной состав, что необходимо для дальнейших исследований процессов вынужденных колебаний.

4. Литература

Бондарь Г.Н. Взаимодействие железнодорожных мостов с подвижным составом. – М.: Транспорт, 1984.

Вершинский С.В., Данилов В.Н., Хусидов В.Д. Динамика вагона. – М.: Транспорт, 1991.

Норейко С.С. Вибрации пролетных строений балочных железнодорожных мостов при высоких скоростях движения. Сб. науч. тр. ЛИИЖТ Вып. 178 – Л., 1961. – С. 3-39.

УДК 625.06.07

КОНТАКТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ОДНОРОДНОГО ПОЛУПРОСТРАНСТВА С УПРУГОДЕФОРМИРУЕМЫМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ВКЛЮЧЕНИЕМ

В.А. Илюнин

Аннотация

В настоящее время точное аналитическое решение контактной задачи для полупространства с деформируемым цилиндрическим включением отсутствует. Соответственно нет результатов, предопределяющих грузоподъемность такой системы с учетом всех "особенностей" возникающих при этом.

Ключевые слова: аналитические решения; полупространство; включение; осесимметричной; контактные напряжения; перемещения; полупространство; цилиндр

Введение

Поставленная задача наряду с чисто аналитической новизной, имеет и практический интерес, так как моделирует работу свай в грунте или же анкерного крепления. Рассмотрением подобных задач занимались: Карпенко Н. И., Юферов В. О., Гвоздев А. А., Холмянский М. М. – вопросы касающиеся контакта арматуры с бетоном; Герсеванов Н. М., Цытович Н. А. и др. – вопросы, связанные с расчетом несущей способности свай.

Среди работ, содержащих аналитические решения пространственных осесимметричных задач, существенно важными являются работы В. З. Васильева.

1. Постановка задачи

Поскольку формально математически никакой разницы в знаке нагрузки по торцу анкера или сваи нет, дело сводится к осесимметричной задаче следующего вида (рис. 1):

Граничные условия:

$$\begin{aligned} \sigma_z = p_0, \quad \tau_{rz} = 0 \quad \text{при } z = 0, \quad 0 \leq r \leq a \\ \sigma_z = 0, \quad \tau_{rz} = 0 \quad \text{при } z = 0, \quad a \leq r \leq \infty \end{aligned} \quad (1)$$

Необходимо также, чтобы при $r \rightarrow \infty$ и $z \rightarrow \infty$ $\sigma_{ik} \rightarrow 0$. Упругие постоянные материала включения и полупространства, модуль сдвига μ и коэффициент Пуассона ν – различны.

Предполагается, что до момента разрушения по контактной цилиндрической поверхности выполняются условия совместности по вертикальным и радиальным перемещениям.

2. Построение разрешающих уравнений

При выборе способа решения сразу можно заметить, что использование в данном случае, казалось бы очевидного пути разбиения тела на составляющие и последующего решения двух смешанных задач, не позволяет выполнить условия $\sigma_{ik} \rightarrow 0$ при $z \rightarrow \infty$. Для снятия данной проблемы сначала воспользуемся решением Терезава для однородного полупространства, загруженного по дневной поверхности.

В ходе решения получаем:

$\sigma_r^{(0)} = \sigma_r|_{r=a} = f_0(z)$, $\tau_{rz}^{(0)} = \tau_{rz}|_{r=a} = g_0(z)$ – это своего рода «контактные» напряжения на цилиндрической поверхности «включения».

Соответственно, «контактные» перемещения на поверхности:

$$u^{(0)} = u^0|_{r=a} = u_0(z), \quad w^{(0)} = w^0|_{r=a} = w_0(z)$$

«Контактные» напряжения, и «контактные» перемещения для цельного массива одинаковы и для цилиндра, и для полупространства.

Используя полученное решение для полупространства, выделим часть массива находящегося под нагрузкой, указав на цилиндрической поверхности контактные нормальные и касательные напряжения на поверхности $r = a$.

Далее решается первая основная задача для полубесконечного цилиндра с граничными условиями:

$$\begin{aligned} \sigma_z = 0, \tau_{rz} = 0 \text{ при } z = 0, 0 \leq r \leq a, \\ \sigma_r = f_0(z) + f(z), \tau_{rz} = g_0(z) + g(z) \text{ при } r = a, 0 \leq z \leq \infty, \end{aligned} \quad (2)$$

где $f(z)$ и $g(z)$ – соответственно неизвестные нормальные и касательные напряжения, действующие на цилиндрической поверхности.

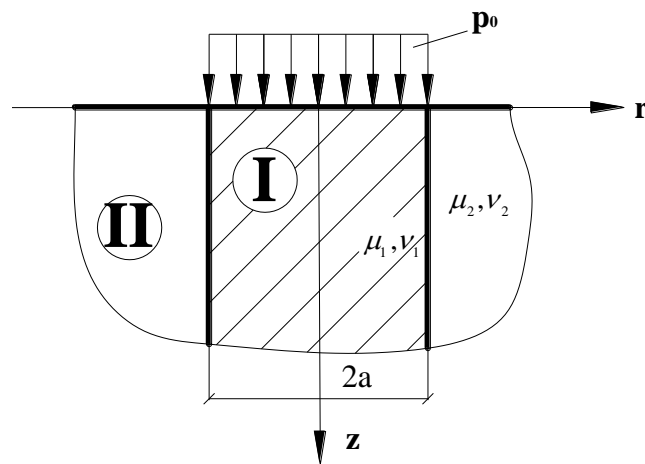


Рис.1. Расчетная схема для полупространства с включением

В итоге имеем:

$$\begin{aligned} \sigma_{ik}^{(I)} &= \sigma_{ik}^{(I)}(r, z), \\ u_I &= u_I(r, z), \\ w_I &= w_I(r, z). \end{aligned}$$

Здесь фигурируют упругие постоянные μ_1 и ν_1 .

После этого решаем первую основную задачу для полупространства с выработкой.

Граничные условия:

$$\begin{aligned} \sigma_z = 0, \tau_{rz} = 0 \text{ при } z = 0, a \leq r \leq \infty, \\ \sigma_r = f_0(z) + f(z), \tau_{rz} = g_0(z) + g(z) \text{ при } r = a, 0 \leq z \leq \infty. \end{aligned} \quad (3)$$

Их выполнение определяет:

$$\begin{aligned} \sigma_{ik}^{(II)} &= \sigma_{ik}^{(II)}(r, z), \\ u_{II} &= u_{II}(r, z), \\ w_{II} &= w_{II}(r, z). \end{aligned}$$

Здесь упругие постоянные – μ_2 и ν_2 .

Выполняем условия совместности деформаций по цилиндрической поверхности контакта (при $r = a$):

$$\begin{aligned} u_I(z) &= u_{II}(z), \\ w_I(z) &= w_{II}(z). \end{aligned} \quad (4)$$

В уравнениях (4) слева и справа отсутствуют $u_0(z)$ и $w_0(z)$, так как они одинаковы для каждой составляющей и взаимно уничтожаются.

Важным является то, что введены неизвестные контактные напряжения, которые корректируют решение Терезава вследствие различия упругих постоянных двух материалов.

Таким образом, задача сведена к выполнению краевых условий (2), (3) и условий совместности «контактных» деформаций по цилиндрической поверхности.

В качестве «основных» выступают неизвестные функции $f(z)$, $g(z)$.

После выполнения всех граничных условий для полупространства, полубесконечного цилиндра и условия совместности деформаций получаем систему шести уравнений относительно шести неизвестных, которая после ряда преобразований сводится к совокупности четырех интегральных уравнений относительно неизвестных $C_k^0, C^0(\gamma), B^0(\lambda), g_c(\lambda)$ такого вида:

$$\begin{aligned} 1. \quad \gamma_k C_k^0 &= \int_0^\infty B^0(\lambda) \xi \frac{2(1-\nu_2)}{2(1-\nu_1)} E_K(\lambda) \lambda d\lambda + \int_0^\infty \frac{1-\xi}{2(1-\nu_1)} g_c(\lambda) E_K(\lambda) + \\ &\int_0^\infty g_c(\lambda) \frac{I_{1,1}^{(k)}(\lambda)}{I_1(\lambda a)} d\lambda + \int_0^\infty \frac{1-\xi}{2(1-\nu_1)} g_c^0(\lambda) E_K(\lambda) d\lambda + \Lambda_k \\ 2. \quad \frac{1}{a} B^0(\lambda) &\left[\xi \frac{2(1-\nu_2)}{2(1-\nu_1)} F_1(\lambda a) - F_2(\lambda a) \right] + \frac{1-\xi}{2(1-\nu_1)} \frac{g_c(\lambda)}{\lambda a} F_1(\lambda a) = \\ &= \frac{1}{a} \sum_{k=1}^\infty \frac{2(\lambda a)^2}{(\gamma_k a)^2 + (\lambda a)^2} \hat{a}_k(\lambda) C_k^0 \gamma_k a J_0(\gamma_k a) - \\ &- \frac{1}{a} \frac{2}{\pi} \int_0^\infty C^0(\gamma) \frac{2(\gamma a)^2 \hat{a}(\gamma, \lambda)}{(\gamma a)^2 + (\lambda a)^2} d\gamma + \Psi_1(\lambda) - \Psi_2(\lambda) - \frac{1-\xi}{2(1-\nu_1)} \frac{g_c^0(\lambda)}{\lambda a} F_1(\lambda a) \end{aligned}$$

$$3. \quad B^0(\lambda) \left[\xi \frac{2(1-\nu_2)}{2(1-\nu_1)} M_1(\lambda a) + \xi M_2(\lambda a) \right] + \frac{1-\xi}{2(1-\nu_1)} \frac{g_c(\lambda)}{\lambda} M_1(\lambda a) +$$

$$+ \frac{g_c(\lambda)}{\lambda} \left[\frac{I_0(\lambda a)}{I_1(\lambda a)} + \xi \frac{K_0(\lambda a)}{K_1(\lambda a)} \right] = \sum_{k=1}^{\infty} [(1-2\nu_1)\hat{a}_k^*(\lambda) + c_k^*(\lambda)] C_k^0 J_0(\gamma_k a) -$$

$$- \xi \int_0^{\infty} [(1-2\nu_2)\hat{a}_k^*(\gamma, \lambda) + c_k^*(\gamma, \lambda)] C^0(\gamma) W_0(\gamma, a) d\gamma -$$

$$- \frac{1-\xi}{2(1-\nu_1)} \frac{g_n^0(\lambda)}{\lambda} M_1(\lambda a) + \frac{g_n^0(\lambda)}{\lambda} \left[\frac{I_0(\lambda a)}{I_1(\lambda a)} + \xi \frac{K_0(\lambda a)}{K_1(\lambda a)} \right]$$

$$4. \quad C^0(\gamma) = \int_0^{\infty} E_{2,1}(\gamma, \lambda) B^0(\lambda) \lambda d\lambda + \int_0^{\infty} g_c(\lambda) \frac{K_{1,1}(\gamma, \lambda)}{K_1(\lambda a)} d\lambda + \Lambda_2(\gamma)$$

Здесь: γ_k – дискретный параметр, спектр изменения которого определяется при выполнении граничных условий; λ – параметр с плавным спектром изменения в пределах от 0 до ∞ ; $J_m(x)$ – функции Бесселя 1-го рода от действительного аргумента; $I_m(x)$ – модифицированные функции Бесселя 1-го рода; K_m – функции Маукдональда; $W_0(\gamma, r), W_1(\gamma, r)$ – функции Вебера, определяемые комбинациями функций Бесселя 1-го и 2-го рода от действительного аргумента; $g_c(\lambda)$ – интегральная косинус трансформанта от грузовой функций, действующей по цилиндрической поверхности полубесконечного цилиндра; $E_k(\lambda), I_{1,1}^{(k)}(\lambda)$ – коэффициенты представления известных функций в виде рядов Фурье-Бесселя; $E_{2,1}(\lambda, \gamma), K_{1,1}(\gamma, \lambda)$ – коэффициенты представления известных функций в виде интегралов Фурье-Вебера; Λ_k, Λ_2 – константы, определяемые в ходе решения; $F_1(\lambda a), F_2(\lambda a), \Psi_1(\lambda), \Psi_2(\lambda), M_1(\lambda a), M_2(\lambda a)$ – известные функции; $v_k(\lambda)$ – интегральная синус трансформанта от $e^{-\gamma_k z}$; $v(\gamma, \lambda)$ – интегральная синус трансформанта от $e^{-\gamma z}$; $v_k^*(\lambda)$ – интегральная косинус трансформанта от $e^{-\gamma_k z}$; $c_k^*(\lambda)$ – интегральная косинус трансформанта от $\gamma_k z e^{-\gamma_k z}$; $\xi = \frac{\mu_1}{\mu_2}$ – отношение модулей сдвига материалов включения и полупространства.

3. Заключение

Решение контактной задачи для полупространства с упруго - деформируемым включением свелось к решению системы интегро –

сумматорных уравнений. Для получения численных результатов на основании полученного аналитического решения достаточно воспользоваться любым из известных итерационных методов. Как показывает предварительный анализ полученной системы уравнений и определения неизвестных методом последовательных приближений, уже в первом приближении отмечается на контактной поверхности наличие зон, в которых $\sigma_{ik} \rightarrow \infty$.

4. Литература

- Васильев В.З. Пространственные задачи прикладной теории упругости. – М.: Транспорт. 1993.
- Terasawa K. On the elastic equilibrium of a semiinfinite solid under given boundary conditions with same applications. Journ. of College of Sei. Tokyo. Imp. Univ. 1916. V 37. №7. p. 16-31.

УДК 624.

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ ЭКСТРАДОЗНОГО МОСТА

А.Ю. Кулешов

Аннотация

В статье рассмотрена задача оптимизации проектирования экстрадозных мостов, описан метод оптимизации, показан алгоритм расчета экстрадозного моста.

Ключевые слова: мост; метод оптимизации; вант; балка жесткости; пролетное строение.

Введение

В последние годы получил распространение принципиально новый класс мостов – так называемые экстрадозные мосты (Мостостроение мира №1-2. 2003), пролетные строения которых выполняются преимущественно в виде предварительно-напряженных неразрезных железобетонных балок, усиленных в надпорных участках вантами, закрепленными в верхней части, в специальных отклоняющих устройствах с небольшой высотой (аналогично пилонам вантовых мостов). Пролетные строения являются промежуточным типом между неразрезными балочными и вантовыми. Напрягаемые элементы размещаются не внутри сечения балки, а вне его

пределов (реализуется принцип внешнего армирования). Если канаты вантовых мостов воспринимают в основном вертикальные нагрузки, то канаты экстрадозных мостов обеспечивают горизонтальное предварительное напряжение балки пролетного строения, отличаясь бóльшим эксцентриситетом приложения усилий, чем в неразрезной балке. Другим достоинством канатов экстрадозных мостов является их меньшая подверженность усталостным повреждениям, чем в вантовых мостах, так как изменение напряжений в канатах при изменении загружений моста временной нагрузкой на пролетном строении относительно невелико. Следовательно, эти пролетные строения могут надежно работать при значениях, близких к предложенным.

Учитывая возрастающее применение таких мостов, становится актуальной задача поиска решений, обеспечивающих минимальную стоимость сооружения путем установления его наиболее целесообразных параметров. Необходимо определить при этом оптимальное соотношение постоянной и временной нагрузок с точки зрения усилий в вантах, жесткостных показателей, обеспечивающие плавность линии прогибов под временной нагрузкой и др.

1. Задача оптимизации

Требуется запроектировать для автодорожного моста неразрезное железобетонное пролетное строение коробчатого сечения, усиленное в надпорных участках балки внешней напрягаемой арматурой – вантами, опирающимися на отклоняющие устройства в виде пилонов небольшой высоты. При этом необходимо обеспечить минимальную стоимость усиления.

Задача оптимизации включает в себя требующую минимизации целевую функцию:

$$C = C_B \sum A_{vi} l_i \quad (1)$$

при граничных условиях:

$$y \leq [y] \text{ и } \sigma_v \leq \frac{p}{q+p} R_{dh}, \quad (2)$$

где y_i – прогиб балки жесткости в i – ой точке пролетного строения; σ_v – напряжения в вантах; R_{dh} – расчетное сопротивление материала вант; q, p – погонная нагрузка соответственно постоянная и временная; C_v – стоимость 1 т вант; A_{vi} – площадь сечения i – ой ванты; l_i – длина i – ой ванты; n – количество вант пролетного строения.

2. Метод оптимизации

В порядке первого приближения определяются усилия в вантах от временной нагрузки:

$$S_1 = \frac{1}{\sin \alpha_1} Y_1, S_2 = \frac{1}{\sin \alpha_2} Y_2, \quad (3)$$

где Y_i – лишняя неизвестная в i – ом узле крепления вант.

Прогиб балки жесткости в i – ом узле с абсциссой x от временной нагрузки аппроксимируется полиномом четвертой степени (Аль-Якуб Муса, 1992):

$$y = bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 \leq [y] \quad (4)$$

Значения неопределенных коэффициентов b, c, d, e можно найти из граничных условий:

$$y^I = b + 2cx + 3dx^2 + 4ex^3 = \varphi(x),$$

$$y^{II} = 2c + 6dx + 12ex^2 = \frac{M(x)}{EI},$$

$$y^{III} = 6d + 24ex = \frac{Q(x)}{EI}, \quad (5)$$

$$y^{IV} = 24e = \frac{p(x)}{EI},$$

где φ, M, Q, p – соответственно угол поворота, изгибающий момент, поперечная сила в сечении с координатой x и временная нагрузка.

Подставляя значения коэффициентов b, c, d, e в (4), найдем выражение для y_i в виде:

$$y_i = k_i e + t_i, \quad (6)$$

где $t_i = bx + cx^2 + dx^3$; $k_i = x^4$.

Площадь поперечного сечения i – ой ванты определена по формуле:

$$A_{vi} = \frac{S_i l_i \sin \alpha_i}{E_\sigma (k_i e + t_i)} \quad (7)$$

Целевая функция (1) с учетом (7) примет вид:

$$C(e) = C_B \gamma_B \sum \frac{S_i l_i \sin \alpha_i}{E_\sigma (k_i e + t_i)} l_i, \quad (8)$$

где γ_B – объемный вес материала вант.

Условие оптимизации тогда выразится в виде:

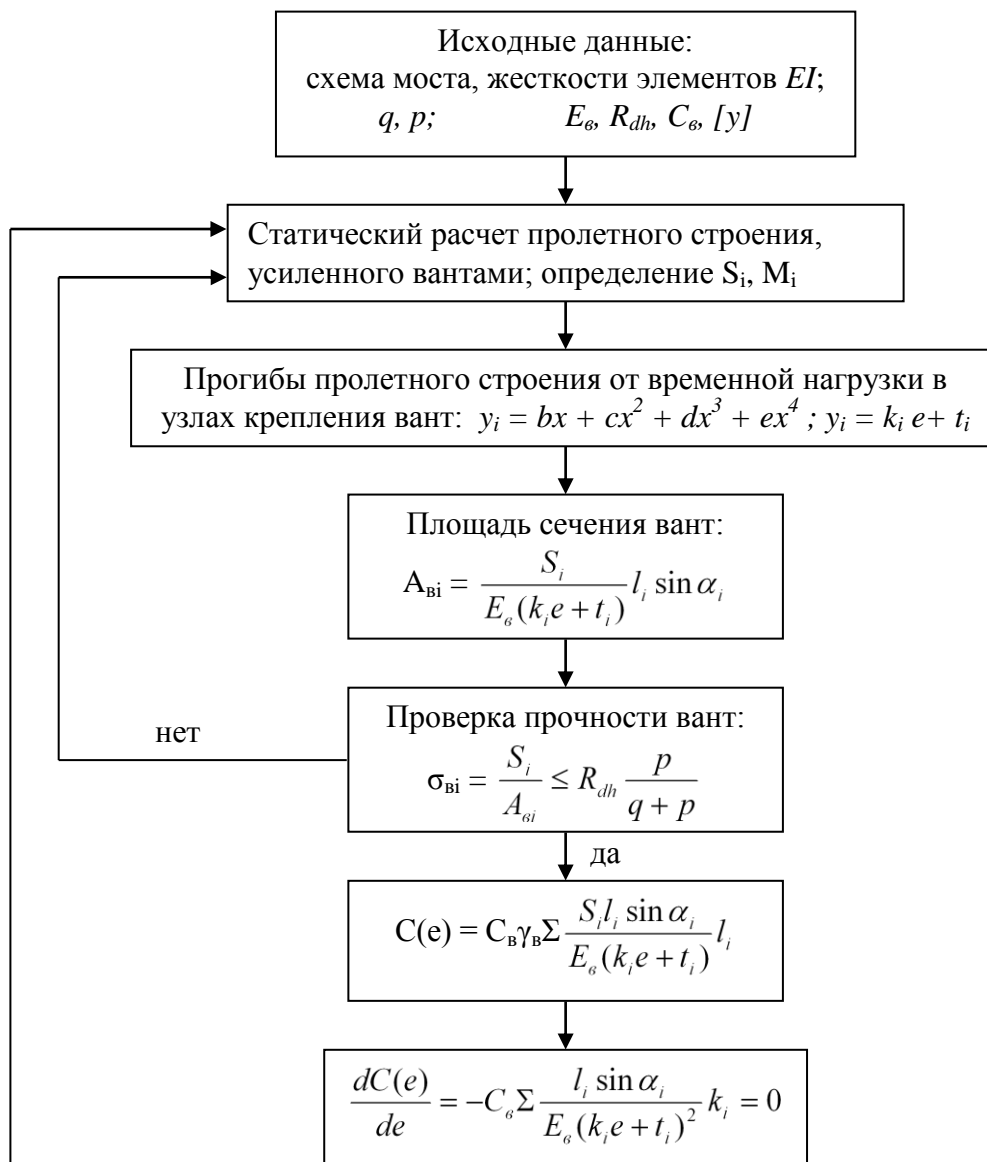
$$\frac{dC(e)}{de} = -C_B \sum \frac{l_i \sin \alpha_i}{E_\sigma (k_i e + t_i)^2} k_i = 0. \quad (9)$$

Задача решается с использованием итерационного процесса. Из (9) определяется значение коэффициента e для второй итерации, после чего находятся величины $b_2, c_2, d_2, y_{i2} = k_i e_2 + t_{i2}$.

Решение (9) позволяет получить наименьшую стоимость усиления пролетного строения при заданных ограничениях. На каждом шаге итерационного процесса выполняется проверка прочности вант по выражению и прогиб балки жесткости, т.е. выполнение условий (2). Каждая итерация требует определения усилия в канате по формуле:

$$S_{\text{в}i, n+1} = S_{\text{в}i, n} \frac{(q+p)\sigma_{e,n}}{pR_{dh}}. \quad (10)$$

3. Блок схема алгоритма расчета экстрадозного моста



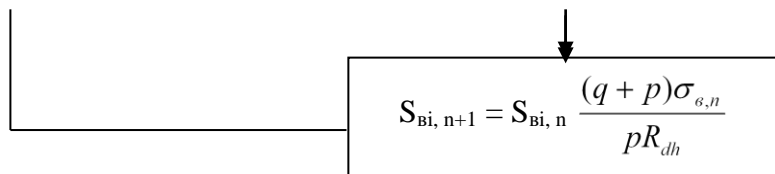


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета экстрадозного моста.

4. Заключение

Предложенный метод позволяет вести поиск наиболее оптимального решения конструкции экстрадозного моста, назначение основных параметров сооружения при рациональном использовании материалов с точки зрения их прочностных свойств и стоимости.

5. Литература

- «Мостостроение мира №1-2 2003». – Гипростроймост. 2003. № 1-2, с. 3 – 25.
Аль-Якуб Муса. Проектирование автодорожных вантовых мостов с железобетонными балками жесткости при заданных технико-экономических показателях. – Санкт-Петербург. 1992.

УДК 624.012.45.04

К РАСЧЕТУ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ НЕЛИНЕЙНОЙ РАБОТЫ МАТЕРИАЛА

Е.В. Луговая

Аннотация

Статья посвящена использованию одного из новых вариантов описания нелинейной работы бетона в расчете стеновой панели сборного железобетонного здания. Разработан итерационный процесс уточнения жесткостных характеристик железобетона и параметров напряженно-деформированного состояния стеновой панели. Полученные результаты реализованы в виде программы, используемой в расчетах крупнопанельных сейсмостойких зданий.

Ключевые слова: железобетон; плоское напряженное состояние; механические характеристики; итерационный процесс; нелинейность

Введение

Стеновая панель сборного здания представляет собой железобетонную пластину, регулярно армированную в двух направлениях и работающую преимущественно в условиях плоского напряженного состояния. При выполнении расчетов, как правило, ограничиваются анализом работы панели в упругой стадии. В настоящей статье рассматривается удобный для машинной реализации вариант учета нелинейной работы бетона стеновой панели.

1. Состояние вопроса

Современные концепции математического описания основных физических соотношений для бетона можно (с определенной условностью) разбить на три основных направления.

К первому из них относятся исследования, которые базируются на предположении, что нагруженный бетон работает как ортотропный материал (Карпенко Н.И., 1978; Здоренко В.С., 1977). Второе направление связано с развитием теории малых упруго-пластических деформаций. Здесь необходимо в первую очередь отметить работы Г.А. Гениева и его школы (Гениев Г.А. и др., 1978), а также других российских и зарубежных ученых. В основе третьего направления лежит теория пластического течения. Работы этого направления немногочисленны; можно сказать, что в применении к бетону эта теория находится в настоящее время только в стадии становления.

Воспользуемся одним из новых вариантов описания нелинейной работы бетона, относящимся к первому из перечисленных выше направлений (Бенин А.В. и др., 2002).

2. Аппроксимация зависимости между напряжениями и деформациями

В одномерной задаче, характеризуемой нормальным напряжением σ и соответствующей деформацией ε , использована нелинейная физическая зависимость в виде кубической параболы:

$$s = Ae - Be^2 + Ce^3. \quad (1)$$

Через s обозначено безразмерное напряжение (отношение нормального напряжения к его максимальному значению σ_R в вершине

диаграммы $\sigma - \varepsilon$), а через e – относительная деформация, получаемая делением ε на деформацию ε_R , соответствующую напряжению σ_R :

$$s = \frac{|\sigma|}{\sigma_R}; \quad e = \frac{|\varepsilon|}{\varepsilon_R}. \quad (2)$$

Обозначим через $E_{b,pick}$ секущий модуль бетона для верхней точки диаграммы:

$$E_{b,pick} = \frac{\sigma_R}{\varepsilon_R}. \quad (3)$$

Тогда относительная деформация может быть записана также в виде

$$e = \frac{E_{b,pick}}{\sigma_R} |\varepsilon| \quad (4)$$

Как показано в (Бенин А.В. и др., 2002) коэффициенты кубической параболы равны:

$$A = \frac{E_0}{E_{b,pick}}; \quad B = 2A - 3; \quad C = A - 2. \quad (5)$$

Кубическая зависимость (1) описывает, в принципе, как сжатие, так и растяжение. Различие состоит только в значениях σ_R и ε_R , тогда как модуль $E_{b,pick}$ (как и начальный модуль E_0) может считаться при растяжении и сжатии примерно одинаковым.

Если известны максимальные значения напряжений $\sigma_R = R_c$ при сжатии и $\sigma_R = R_r$ при растяжении, то $E_{b,pick}$ определяется по формуле

$$E_{b,pick} = \frac{\nu_{b,pick}}{\nu_0} E_0, \quad (6)$$

где $\nu_{b,pick} = R_r / R_c$ – значение коэффициента Пуассона при $\sigma = \sigma_R$.

Деформация ε_R равна $R_c / E_{b,pick}$ при сжатии и $R_r / E_{b,pick}$ при растяжении. Секущий модуль при промежуточных значениях деформации:

$$E_b = E_{b,pick} (A - Be + Ce^2). \quad (7)$$

Парабола (1) прерывается в точке, соответствующей образованию магистральной трещины разрушения ($s = s_{ult}$, $e = e_{ult} > 1$). При этом значение s_{ult} может колебаться от 0,5 до 0,7 (в (Карпенко Н.И., 1996)). При этом некоторые нормативные документы рекомендуют ограничиваться значением $s_{ult} = 0,8$). Вообще говоря, значения s_{ult} при сжатии и при растяжении различны. Для определения соответствующей относительной деформации e_{ult} должно быть решено кубичное уравнение

$$Ce_{ult}^3 - Be_{ult}^2 + Ae_{ult} - s_{ult} = 0. \quad (8)$$

3. Механические характеристики железобетона в задаче о плоском напряженном состоянии

При переходе к решению задачи о плоском напряженном состоянии бетона используются физические соотношения для ортотропного тела. При этом оказывается удобным ввести в рассмотрение «приведенные» напряжения (аналог известных эквивалентных напряжений по второй теории прочности):

$$\sigma_{x,red} = \sigma_x - \nu_{b,xy} \sigma_y; \quad \sigma_{y,red} = \sigma_y - \nu_{b,yx} \sigma_x. \quad (9)$$

С введением этого понятия выражения для деформаций $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ записываются формально как при одноосном напряженном состоянии:

$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_{x,red}}{E_{b,x}} \quad \text{и} \quad \varepsilon_y = \frac{\sigma_{y,red}}{E_{b,y}}. \quad (10)$$

Кроме того, конечно,

$$\gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G_{b,xy}}. \quad (11)$$

Секущие модули $E_{b,x}, E_{b,y}$ меняются в процессе нагружения в зависимости от уровня напряженного состояния. Так как константы ортотропного тела связаны условием

$$\frac{\nu_{b,yx}}{E_{b,y}} = \frac{\nu_{b,xy}}{E_{b,x}}, \quad (12)$$

то можно предположить, что коэффициенты Пуассона меняются пропорционально соответствующим модулям:

$$\nu_{b,xy} = \frac{E_{b,x}}{E_0} \nu_0; \quad \nu_{b,yx} = \frac{E_{b,y}}{E_0} \nu_0 \quad (13)$$

(здесь ν_0 – начальное, при нулевой нагрузке, значение коэффициента Пуассона).

Модуль сдвига является, вообще говоря, независимой константой, но для многих материалов (горных пород) можно, как указывает С.Г.Лехницкий (Лехницкий С.Г., 1977), дать приближенную формулу, связывающую модуль сдвига с модулями Юнга и коэффициентами Пуассона. Аналогичный подход применяет Н.И.Карпенко (Карпенко Н.И., 1978) для описания работы бетона с трещинами. Следуя этим авторам, принято

$$\frac{1}{G_{b,xy}} = \frac{1}{E_{b,x}} + \frac{1}{E_{b,y}} + \frac{2\nu_0}{E_0}. \quad (14)$$

В основу решения плоской задачи положена гипотеза, согласно которой в материале с приобретенной анизотропией (каковым является нелинейно работающий бетон), плоскости главных деформаций оказываются плоскостями ортотропии, причем по направлениям нормалей к этим плоскостям секущие модули подсчитываются аналогично формуле (7):

$$E_{b,i} = E_{b,pick} (A - B e_i + C e_i^2) \quad (15)$$

и тогда

$$\sigma_{i,red} = E_{b,i} \varepsilon_i. \quad (16)$$

Через e_i обозначена относительная деформация по направлению i :

$$e_i = \frac{E_{b,pick}}{\sigma_R} |\varepsilon_i|, \quad i = 1, 2. \quad (17)$$

Таким образом, на каждом этапе итерационного расчета могут быть определены механические характеристики бетона, соответствующие уровню деформированного состояния, которые используются в качестве исходных данных при переходе к следующему этапу.

Модуль упругости железобетона как композитного материала при условии $\varepsilon_i < \varepsilon_R$ определяется равенствами

$$E_i = E_{b,i} + E_s \mu_i; \quad \mu_i = \mu_x \cos^4 \alpha_i + \mu_y \sin^4 \alpha_i. \quad (18)$$

Здесь E_s – модуль упругости стали; μ_x и μ_y – коэффициенты армирования по направлениям x и y ; α_i – угол между осью x и главным направлением i . Если же деформация больше той, которая соответствует пиковому значению напряжения, то бетон начинает разрушаться и жесткость композитного материала обеспечивается за счет сопротивления арматуры, эффективный модуль упругости которой повышается за счет ее сцепления с бетоном:

$$E_i = \frac{\mu_i E_s}{\psi_{ai}}. \quad (19)$$

В этой формуле ψ_{ai} – коэффициент, введенный В.И. Мурашевым (Мурашов В.И., 1950) для учета влияния сил сцепления и определяемый по эмпирической формуле

$$\psi_{ai} = 1 - 0,7 \frac{R_r}{E_i \varepsilon_i}. \quad (20)$$

При $e_i > e_{ult}$ сцепление падает до нуля; в этом случае $E_i = E_s \mu_i$.

4. Заключение

Приведенные выше формулы позволяют организовать итерационный процесс уточнения жесткостных характеристик материала, и, соответственно, обеспечивают получение более достоверной картины напряженно-деформированного состояния стеновой панели.

Программа, реализующая этот итерационный процесс, написана на языке Visual Basic for Applications в среде Excell-97 и использована в расчетах крупнопанельных зданий серии 122 (по проекту СПбЗНИиПИ), предназначенных для строительства в сейсмоопасных районах Сибири и Дальнего Востока.

5. Литература

- Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1978. – 208 с.
- Здоренко В.С. Развитие численных методов исследования прочности и устойчивости стержневых и тонкостенных железобетонных конструкций: Дис. ... д-ра техн. наук / КИСИ. – Киев: 1977. – 302 с.
- Гениев Г.А., Киссюк В.Н., Тюпин Г.А. Теория пластичности бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1978. – 316 с.
- Бенин А.В., Елизаров С.В., Тананайко О.Д. Численное сопоставление различных моделей для описания нелинейного поведения бетона при плоском напряженном состоянии. – XIX Межд. конф. «Математические методы в механике сплошных сред. Методы граничных и конечных элементов». Труды, т. 2. – СПб.: Санкт-Петербург. Дом Ученых, 2002. – С. 76-81.

- Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. – М.: Стройиздат, 1996. – 412 с.
Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. 2-е изд. – М.: Наука, 1977. – 416 с.
Мурашев В.И. Трещиноустойчивость, жесткость и прочность железобетона (основы сопротивления железобетона). – Машстройиздат, 1950. – 288 с.

УДК 539.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТА ВТОРОГО ПОРЯДКА ДЛЯ ЭПФ-СПЛАВОВ ПРИ СЛОЖНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

Е.А. Пяк

Аннотация

Работа посвящена исследованию свойств материалов с эффектом памяти формы (ЭПФ) методами математического моделирования. Для этого использована математическая модель процесса нагрева-охлаждения ЭПФ-сплава и специально разработанный комплекс программ на основе системы MATLAB. Получены важные для инженерных приложений аналитические зависимости температурной задержки начала проявления ЭПФ и коэффициента восстановления формы от времени охлаждения после незавершенного цикла превращения при нагревании.

Ключевые слова: эффект памяти формы; эффекта второго порядка; математическое моделирование; метод сеток; незавершенный цикл превращения при нагревании (НПЦН)

Введение

В настоящее время широкое применение ЭПФ-сплавов ограничено из-за отсутствия надежных методик расчета, позволяющих прогнозировать поведение изделий или конструкций при различных условиях и управлять их работой. Для этого необходимы такие математические модели процессов, которые позволяли бы перейти от описания свойств материала к расчету объектов из ЭПФ-сплавов. Эти модели должны обладать возможностью описывать не только деформационные процессы ЭПФ, но и эффекты второго порядка. Использование традиционных методов инженерной механики для описания таких процессов, как известно, неприемлемо.

Цель настоящей работы – моделирование деформационных процессов, сопровождающих эффект памяти формы, с учетом эффекта второго порядка. В работе использовался подход, который применялся ранее для моделирования эволюции полей температур и упругих характеристик в ЭПФ-сплавах (Пяк Е.А., Миньков М.М., 2003;

Вьюненко Л.Ф. и др., 2003), при расчете зависимости коэффициента восстановления формы от скорости нагрева и величины предварительно заданной деформации (Vyunenکو Yu.N., Vyunenکو L.F., 2003; Вьюненко Ю.Н., Вьюненко Л.Ф., 1999) и при оценке влияния разброса химического состава сплава на величину и характер проявления ЭПФ (Вьюненко Л.Ф., 2003).

1. Постановка задачи

Для достижения цели исследования решена следующая тестовая задача. Образец с круглым сечением радиуса $r_0 = 2\text{ мм}$, выполненный из модельного материала с характеристиками TiNi примерно равноатомного состава, в мартенситном состоянии был свернут в кольцо на круглой оправке $R_0 = 100\text{ мм}$. Кольцо нагревалось с поверхности от начальной температуры с постоянной скоростью $\dot{O} = 1\text{ К/с}$ до температуры остановки нагрева, равной середине интервала температур обратного превращения. ($A_s = 333\text{ К}, A_f = 343\text{ К}$). Затем образец охлаждали с той же скоростью до температуры, не доходящей до интервала прямого превращения. ($M_s = 313\text{ К}, M_f = 303\text{ К}$). Последующий нагрев образца производили с переходом интервала температур обратного превращения.

Выбор никелида титана в качестве модельного материала для «тестовой» задачи обусловлен тем, что этот сплав хорошо изучен экспериментально. Для него известны достаточно точные значения механических, теплофизических, магнитных, электрических и других характеристик, накоплены данные о влиянии скорости изменения температуры, напряжений, химического состава, термомеханической обработки и других факторов на величину эффекта памяти формы и характер его проявления.

2. Математическую модель задачи

Основными уравнениями математической модели тестовой задачи являлись следующие:

двумерное уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(a(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right), \quad x^2 + y^2 < r_0^2 \quad (1),$$

где $T = T(x, y, z, t)$ – значение температуры в точке сечения с декартовыми координатами (x, y, z) в момент времени t , $a = \frac{\lambda}{c\rho}$ – коэффициент температуропроводности, ρ – плотность, λ – коэффициент теплопроводности, $c = c(T)$ – теплоемкость материала;

уравнение равновесия моментов остаточных напряжений

$$\int_0^{r_{\text{оид}}} E \frac{y^2}{R} \sqrt{r_0^2 - y^2} dy + \int_{r_{\text{оид}}}^{r_0} E \left(\frac{y}{R} - \frac{y}{R_0} + \varepsilon_{\text{оид}} \right) \sqrt{r_0^2 - y^2} dy = 0 \quad (2)$$

где $r_{\text{оид}}$ – расстояние от нейтрального слоя до границы зоны упругого деформирования, $\varepsilon_{\text{оид}}$ – деформационный предел упругости, R – радиус кривизны образца.

Зависимость коэффициента температуропроводности (a) от температуры описывалась кусочно-квадратичной зависимостью. Предполагалось, что вне интервала температур превращения a принимает постоянные значения, соответствующие мартенситной или аустенитной фазе. Внутри интервала он изменяется по квадратичному закону. При этом считалось, что если процесс нагрева или охлаждения прервать в интервале температур превращения и начать обратный процесс, то значение коэффициента температуропроводности будет оставаться постоянным, пока не будет достигнут другой интервал температур превращения.

Зависимость модуля упругости (E) от температуры описывалась кусочно-линейной зависимостью. Характер поведения E при смене режимов нагрева (охлаждения) аналогичен изменению коэффициента температуропроводности.

При решении тестовой задачи для уравнений (1). и, (2) задаются начальные и граничные условия (НУ, ГУ). Под НУ понимали состояние объекта в начальный момент времени, под ГУ – режим нагрева-охлаждения на поверхности образца. Для проведения численных экспериментов и визуализации результатов использован специально разработанный комплекс программ на базе системы MATLAB. Основной расчетный метод – метод сеток и его модификации.

3. Анализ полученных результатов

Типичный результат вычислительных экспериментов представлен на рис.1.

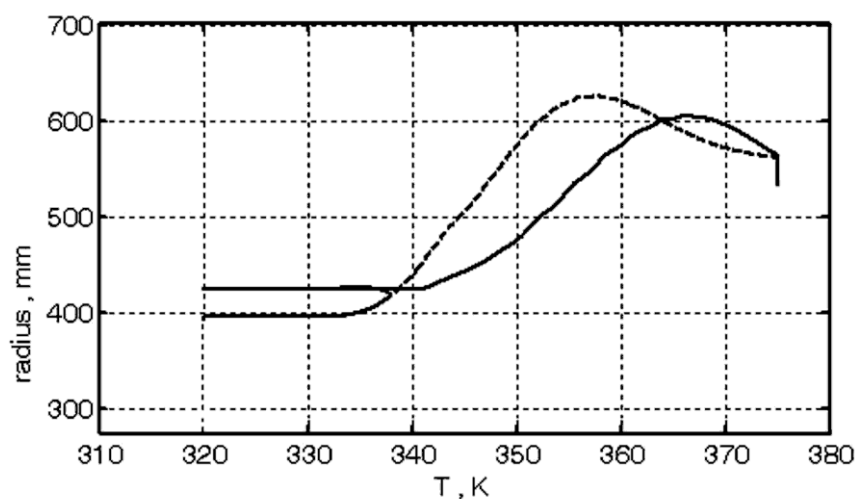


Рис. 1. Зависимость радиуса кривизны образца от температуры

Пунктирной линией показана эталонная кривая, которая соответствует нагреву с переходом интервала температур превращения. Сплошная линия соответствует незавершенному циклу превращения при нагревании (НПЦН). Образец, с температурой 320К, нагревался до температуры 338К, затем охлаждался до температуры 320К и через определенное время начинался нагрев образца с переходом интервала температур превращения. В вычислительном эксперименте время охлаждения образца варьировалось в интервале 23 – 1000 с. Сплошная кривая на рис. 1 соответствует времени охлаждения 200 с. В результате задержка начала проявления ЭПФ при повторном нагреве составила по температуре 9К. Поскольку нагрев и охлаждение производились равномерно, можно считать, что указанная задержка по температуре соответствует задержке по времени. По полученным результатам были построены графики зависимостей, представленные на рис. 2 и 3.

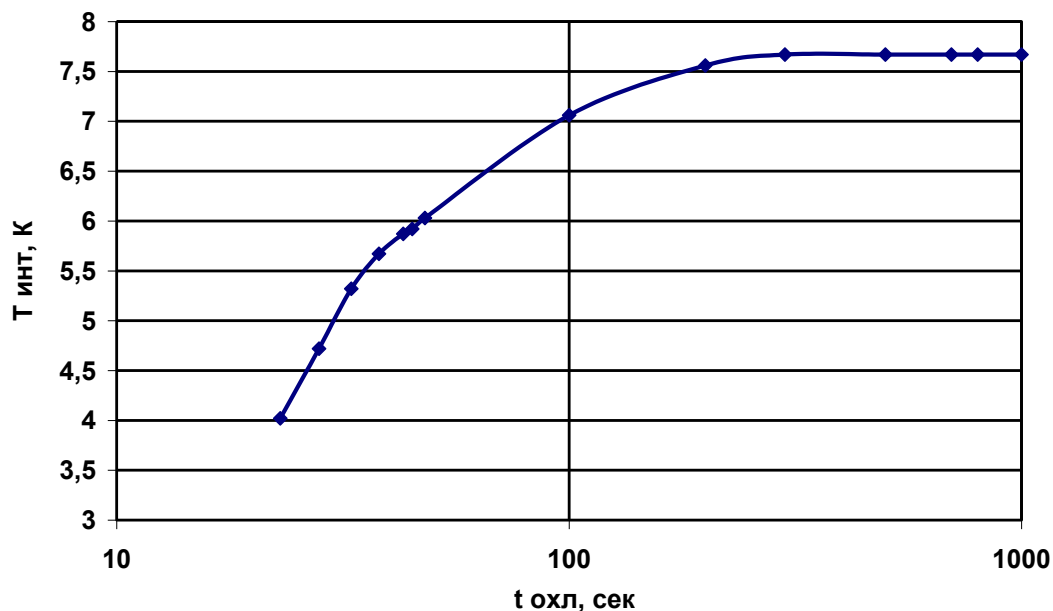


Рис.2. Зависимость температурной задержки начала проявления ЭПФ от длительности охлаждения после НПЦН

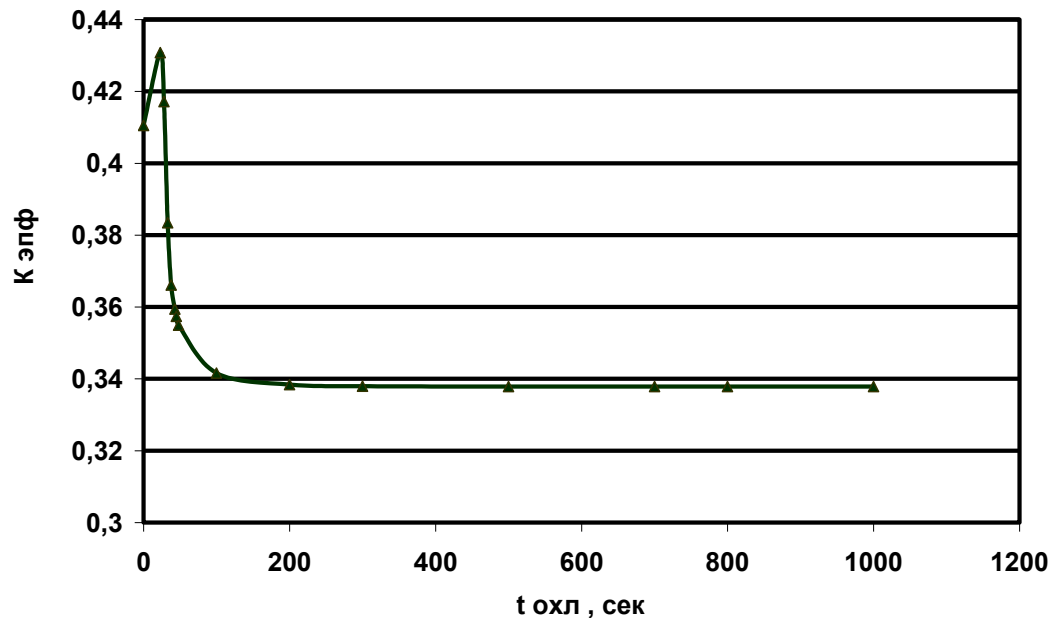


Рис.3. Зависимость коэффициента восстановления формы от длительности охлаждения после НПЦН

Исходя из анализа полученных экспериментальных данных предложены важные для инженерных приложений аналитические выражения. В частности, для зависимости температурной задержки начала

проявления ЭПФ от времени охлаждения после НПЦН получена следующая зависимость:

$$T_{инт} = \frac{15.34}{\pi} \arctg(0.0004 \cdot t_{охл}^2 + 0.0443 \cdot t_{охл} - 0.006) \quad (3)$$

Зависимость коэффициента восстановления формы от времени охлаждения после НПЦН может быть описана следующим образом:

$$K_{эф} = \frac{0.68}{\pi} \arctg(-0.012 \cdot t_{охл}^2 + 0.3304 \cdot t_{охл} - 2.9918) + 0.68 \quad (4)$$

4. Заключение

Несмотря на относительную простоту, предложенная математическая модель позволяет описывать эффекты второго порядка, сопровождающие проявления эффекта памяти формы.

Показано, что изменяя величину времени охлаждения после НПЦН, можно “управлять” началом проявления ЭПФ, т.к. ЭПФ коррелирует с изменением длительности охлаждения после НПЦН.

5. Литература

- Пяк Е.А., Миньков М.М. Моделирование эволюции температурных полей и полей упругих характеристик материалов с ЭПФ при нагреве// В сб.: «Шаг в будущее» межвузовский сб. научных трудов. – СПб.: ПГУПС, 2003. – С. 172-176.
- Вьюненко Л.Ф., Вьюненко Ю.Н., Пяк Е.А. Моделирование эволюции полей упругих характеристик материалов с ЭПФ// г. Тамбов, 2003, Вестник ТГУ, т.8, вып.4. – С. 557-561.
- Vyunenکو Yu.N., Vyunenکو L.F. Residual stresses mechanism of SME: Theory and simulation // J. Phys. IV, v.112 (2003), part 1, p. 235-238.
- Вьюненко Ю.Н., Вьюненко Л.Ф. К вопросу о моделировании ЭПФ в рамках механизма остаточных напряжений // Механизмы деформации и разрушения перспективных материалов: Сб. докл. / XXXV семинар «Актуальные проблемы прочности». – Псков, 1999, ч II. – С. 361-365.
- Вьюненко Л.Ф. Использование полувероятностной модели для изучения влияния химического состава ЭПФ-сплавов на деформационные процессы // Труды VI Междунар. семинара «Современные проблемы прочности». – Ст. Русса, 2003, т.2. – С. 27-31.

Проектирование и строительство

ПРОФИЛЬ ПОДВОДНОГО БЕРЕГОВОГО СКЛОНА КАК ОСНОВА ПРОГНОЗА ДИНАМИКИ БЕРЕГОВ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ

О.А. Груздева

Аннотация

Одна из главных проблем современной арктической науки состоит в том, чтобы предсказать глобальные изменения. Динамика прибрежной зоны – это запутанный комплекс гидромеханических и литодинамических процессов. Основными процессами литодинамики, в применении к арктическим морям, являются разрушение берега и подводного берегового склона, вызванное термоабразией, термоденудацией и движение отложений, приносимых морем посредством разрушения берега, реками и ветрами и накоплением отложений в рельефных формах, созданных морскими волнами, течениями, дрейфующими льдами, дюны и даже слоями на дне. Наша задача состоит в возможности применения математического описания профиля подводного берегового склона для описания динамики арктических берегов.

Ключевые слова: подводный береговой склон; динамика арктических берегов; донные наносы

Введение

Береговая зона является ареной активного взаимодействия воды и суши и отличается большой динамичностью. Береговые процессы оказывают разнообразное и чаще всего вредное влияние на условия деятельности человека. Особенно большой ущерб наносит разрушение берегов, которое широко распространено как на естественных, так и на искусственных водоемах и водотоках. Поэтому главными проблемами исследования динамики берегов является прогноз их разрушения и разработка инженерных методов защиты. Основными объектами исследования при решении инженерных вопросов на берегах являются движение наносов и преобразование рельефа, а целью – расчет движения наносов и прогнозирование изменений рельефа береговой зоны.

1. Особенности берегов арктических морей

Особенности эволюции берегов полярных морей обусловлены прежде всего влиянием морского льда и присутствием многолетнемерзлых горных пород в береговой зоне. Лед выполняет двоякую функцию – уменьшает продолжительность и энергию волнового воздействия на берега и производит механическую работу по перемещению наносов. Ледовый припай исключает воздействие волн на берега на период до 9 месяцев в году. Дрейфующие льды уменьшают энергию волнения. Стамухи -

крупные массивы льда, сидящие на мели вдоль берегов в течение всего лета, оказывают блокирующий эффект. Лед влияет также на движение наносов, прекращая их движение в зимний период.

Морфология берегов, сложенных многолетнемерзлыми породами, отличается исключительным своеобразием и изменчивостью. Благодаря наличию большого количества подземного льда в мерзлых рыхлых породах, тепловая энергия воды превращается в мощную движущую силу абразионного процесса. Мерзлые породы обладают высокой прочностью по отношению к гидравлическому воздействию воды, но быстро оттаивают под воздействием положительной температуры воды и затем легко размываются волнами. Если суммарная льдистость пород, слагающих берег, превышает некоторое критическое значение, термоабразионное разрушение берега становится незатухающим и его развитие возможно даже без участия волнения.

Подводный береговой склон термоабразионного берега, сложенного рыхлыми породами, обычно представляет собой вогнутую поверхность, отвечающую относительно равномерному расходованию волновой энергии по профилю склона. Уклон подводного склона является функцией крупности слагающих его наносов. Чем менее крупность, тем положе уклон подводного склона и тем шире береговая зона.

Берега арктических низменностей отличаются высокими скоростями термоабразии до 10-30 м/год, а в среднем 3-5 м/год. Скальные берега разрушаются быстрее, чем в умеренных широтах. Низкие температуры воздуха способствуют морозному выветриванию горных пород. Периодическое смачивание пород и проникновение воды в трещины с последующим замерзанием воды и расширением льда ведет к растрескиванию пород и их разрыхлению.

2. Цели исследований береговой динамики и транспорта наносов

В основе современных инженерных методов расчета транспорта наносов в береговой зоне и прогноза разрушения берегов, сложенных рыхлыми отложениями, лежит математическое выражение профиля подводного берегового склона. Эти методы разработаны на основе изучения подводного берегового склона теплых морей. На кафедре гидравлики ПГУПС ведется изучение формы профиля подводного берегового склона арктических морей. Целями этих исследований является

1) выявление особенностей формы профиля арктических морей, обусловленных влиянием многолетнемерзлого состояния горных пород и морского льда;

2) сравнение формы профилей в Арктике и за ее пределами;

3) выяснение применимости в Арктике методов прогноза, разработанных для берегов теплых морей;

4) разработка практических рекомендаций по прогнозу динамики арктических берегов с использованием математического выражения профиля подводного берегового склона.

3. Анализ донных наносов

Полевые исследования донных наносов на подводном склоне (ПБС) термоабразионных берегов проводились в 1999-2002 г. на 15 ключевых участках в рамках программы Российско-Германских исследований динамики берегов моря Лаптевых. Полученные данные уникальны, так как никогда прежде на берегах северных морей такие исследования не проводились.

Образцы наносов были отобраны легким грейферным пробоотборником с 22 измеренных профилей подводного берегового склона с шагом 1 м по глубине у берегов, сложенных ледовым комплексом (7 профилей), ледовым комплексом, подстилаемым коренными породами на уровне моря (5 профилей), песком (7 профилей) и коренными породами (3 профиля). На нескольких профилях были отобраны образцы пляжного материала. Всего был отобран 151 образец. Гранулометрический состав изучался на лазерном приборе. В результате компьютерной обработки были получены таблицы объемного содержания частиц различного диаметра в процентах с шагом от 0,04 до 200 мкм, а также статистические параметры: средний и медианный диаметры частиц, мода распределения, коэффициенты асимметрии и эксцесса.

Рассмотрена зависимость крупности наносов от глубины воды для четырех исследованных типов берегов. Для берегов, сложенных ледовым комплексом, эта зависимость выражена слабо и характеризуется очень низким коэффициентом смешанной корреляции R^2 . Гораздо сильнее она проявляется у песчаных берегов и в наибольшей мере у берегов, сложенных коренными породами, где коэффициент смешанной корреляции достигает величины 0,94.

Отложения ледового комплекса характеризуются высоким содержанием алеврита (40-90%), но на ПБС этих берегов превалирует песок. Донные наносы на ПБС песчаных берегов содержат более 90% песка до глубины 5-6 м. При дальнейшем увеличении глубины содержание песка более или менее закономерно уменьшается до 40-50%. У берегов, сложенных ледовым комплексом, подстилаемым коренными породами, донные наносы содержат обычно 80-90% песка до глубины 10 м. При этом наблюдается очень небольшое уменьшение содержания песка с увеличением глубины. У берегов, сложенных коренными породами,

рыхлые донные наносы местами отсутствуют, но в основном тоже состоят из песка. В отдельных образцах присутствуют гравий и галька. Содержание глины в донных наносах ПБС всех типов берегов не превышает 5-6%.

Форма профиля ПБС наилучшим образом описывается степенной зависимостью

$$h = Ax^m \quad (1)$$

где h – глубина воды, x – расстояние от берега, A – параметр, зависящий от гранулометрического состава донных наносов и увеличивающийся с ростом их крупности, m – коэффициент формы профиля ПБС, отражающий характер рассеяния энергии волн на ПБС. Таким образом, уравнение (1) отражает известное положение о том, что форма профиля ПБС определяется гранулометрическим составом донных наносов и гидродинамическим воздействием волн.

Для четырех геологических видов берегов, перечисленных выше, были определены средние величины коэффициентов A и m и градиента медианного диаметра донных наносов d_M по глубине на всех измеренных профилях.

Изложенные материалы в целом показывают, что распределение донных наносов на подводном склоне размываемых арктических берегов аналогично распределению, наблюдаемому в низких широтах. Большая часть алеврита, содержащегося в породах, слагающих берега, выносится из береговой зоны, что способствует отступанию берегов. В формуле (1) не только коэффициент A , но и коэффициент m , зависят от крупности наносов.

4. Анализ батиметрических измерений

Батиметрические измерения с целью исследования морфологии и динамики подводного берегового склона (ПБС) арктических морей проводились с 1999 по 2002 гг.

Трассы профилей ПБС для измерений выбирались на основе анализа навигационных карт различного масштаба и визуального осмотра берегов. Промеры глубин выполнялись портативным измерительным комплексом, установленным на лодке с подвесным мотором. Этот комплекс включал эхолот, и GPS. Все измерения выполнялись с интервалом в 1 секунду. Координаты записывались с точностью 0,0001 минуты, а глубины с точностью до 1 см. При скорости движения лодки 5 км/час глубины фиксировались через каждые 2 м пройденного лодкой расстояния.

Навигация осуществлялась по заранее выбранному азимуту, наблюдаемому на дисплее компьютера. В процессе движения лодки стандартное отклонение от средней величины азимута находилось в пределах 4-6 градусов. Максимальные кратковременные отклонения достигали 20 градусов. Для графического построения измеренных профилей ПБС рассчитывались горизонтальные расстояния всех точек измерения глубин от начальной ближайшей к берегу точки измерений. Расчеты выполнялись с помощью компьютерной программы, любезно предоставленной Д.С. Дроздовым (Институт криосферы Земли РАН). Результаты вычислений проверялись по другой компьютерной программе, использующей прямой расчет по точным геодезическим формулам. Расхождения результатов вычислений по двум программам были ничтожными.

Для математического описания формы профиля ПБС использована компьютерная программа TableCurve 2D v5. Для имеющихся профилей были применены две функции, одна из которых приведена выше (1), а вторая – функция Боджа. Для степенной функции были получены результаты с высоким коэффициентом корреляции.

5. Заключение

Наличие профилей ПБС, измеренных в 1999-2002 гг., и батиметрических карт, составленных на основе промеров, выполненных от 16 до 43 лет назад, предоставляет возможность оценки динамики ПБС за эти годы. К сожалению, масштаб использованных карт и точность определения координат по GPS, обычно недостаточны для оценки смещений береговой линии. Но сравнение измеренных профилей с профилями, снятыми с батиметрических карт, нередко позволяет выявить изменения формы ПБС и соответственно количественно оценить размыв ПБС или аккумуляцию наносов в береговой зоне.

5. Литература

- Шуйский Ю.Д. Типы берегов земного шара. – Одесса, 1979.
- Сафьянов Г.А. Инженерно-геоморфологические исследования на берегах морей. – М.: МГУ, 1987.
- Лонгинов В.В. Динамика береговой зоны бесприливных морей. – М.: Издательство АН СССР, 1963.
- Леонтьев О.К. Никифоров Л.Г. и др. Геоморфология морских берегов. – М.: МГУ, 1975.
- Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. – М.: Издательство АН СССР, 1962.
- Арэ Ф.Э. Основы прогноза термоабразии берегов. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1985.
- Felix E. Are Dynamics of littoral zone of arctic seas (State of the art and goals). – Polarforschung 64(3), 1996.

- Are, F.E., Hubberten, H.-W., Rachold V., Reimnitz, E., and Solomon, S. Mathematical description of erosional shoreface profiles in the Arctic seas. Terra Nostra, Heft 2002/3. Climate drivers of the North. Selbstverlag der Alfred-Wegener-Stiftung, Berlin, p. 23-24., 2002.
- Inman, D.L., Elwany, M.H. and Jenkins, S.A. Shore rise and bar-berm on ocean beaches. Journal of Geophysical Research, 98, p. 18 181-18 199, 1993.

УДК 691.33

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПРИ ТВЕРДЕНИИ АЛЮМОФОСФАТНЫХ СИСТЕМ

Е.В. Крюкова

Аннотация

В работе рассматривается управление электропроводностью алюмофосфатных материалов в зависимости от природы вводимого вещества – сульфатов бария и кальция. При этом предпосылкой является рассмотрение отношения радиуса катиона к радиусу аниона и электроотрицательности их взаимосвязи.

Ключевые слова: прочность, удельная электропроводность, сульфат бария, гипс, фосфатные системы, водонасыщение

Введение

В соответствии с представлениями об электронном строении твердого тела и природе связи, отражаемыми параметрами ширины запрещенной зоны ΔE , эВ, сульфат бария и сульфат кальция по своим свойствам являются диэлектриками ($\Delta E > 3,5$ эВ), в которых реализуется ионная природа химической связи. Геометрические формы этих твердых кристаллических тел описываются с помощью отношения радиусов r_k/r_a (соответственно, катионов и анионов), разницы электроотрицательностей катион-анион как меры степени ионности связи ΔX , а также суммарного кристаллохимического критерия U . Пирсона $r_k/r_a \Delta X$. Рассматривая образование $BaSO_4$ в модели ионных связей, соотношение r_k и r_a таково, что образуется насыщенная структура с высоким координационным числом по катиону, параметр U . Пирсона $r_k/r_a \Delta X$ составляет $0,6 \dots 1,5$. Структура $BaSO_4$ плотноупакованная и поэтому может способствовать передаче заряда, т.е. должна действовать как металл в отличие от гипса, в

котором отношение радиуса катиона к радиусу аниона составляет 0,3 и его присутствие скорее препятствует передаче заряда. С химической точки зрения эти вещества являются электронными аналогами с увеличением основных свойств катиона от кальция к барию.

1. Электропроводность при твердении систем

1.1. Постановка задачи

Цель данной работы состояла в использовании природного и техногенного сырья для создания фосфатных материалов специального назначения с управляемой электропроводностью и повышенной влагостойкостью. Такие материалы требуются при заземлении для повышения коррозионной стойкости металлов и для других специальных целей.

Протекающие процессы при твердении алюмофосфатных материалов изучались с помощью электропроводности. Для исследования была выбрана модельная система на основе гидроксида алюминия, фосфорной кислоты и добавок, а также система, содержащая вместо гидроксида алюминия кембрийскую глину. В качестве добавок использовались также природные вещества – сульфат бария (BaSO_4) и гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

1.2. Измерение удельной электропроводности

Измерение удельной электропроводности, $\text{См} \cdot \text{м}^{-1}$ $\gamma = K(1/R)$, где K – постоянная ячейки, осуществлялось с помощью кондуктометра КЭЛ-ИМ. Используемая проба затворялась кислотой определенной концентрации при заданном соотношении порошка вяжущего и кислоты. Тестообразная пластичная масса помещалась в ячейку из органического стекла со стороной 1 см, имеющей на торцах электроды из спеченной никелевой фольги с рабочей площадью 1 см^2 . Измерения удельной электропроводности производились через определенные промежутки времени.

2. Система на основе гидроксида алюминия

При затворении фосфорной кислотой плотностью 1,26 $\text{г}/\text{см}^3$ смеси из гидроксида алюминия разной степени измельчения и оксида железа (II) в количестве 15% удельная электропроводность γ изменяется от 2,6 $\text{См} \cdot \text{м}^{-1}$ в момент затворения и до 0,3 $\text{См} \cdot \text{м}^{-1}$ через 4 ч твердения.

Изменение электропроводности и прочности образцов при сжатии ($R_{сж.}$) после водонасыщения в возрасте 28 суток в зависимости от количества сульфата бария и гипса представлены в табл.1 и 2.

Как показывают данные табл. 1 системы на основе гидроксида алюминия обладают высокой удельной электропроводностью, что

объясняется природой жидкости затворения (фосфорной кислоты). В первые часы твердения в фосфатных системах идет активное новообразование с резким падением электропроводности. Добавление сульфата бария в количестве 3 мас.% повышает прочность после водонасыщения фосфатного материала, по сравнению с контрольным, до 40%. При этом электропроводность возрастает незначительно. Увеличение содержания сульфата бария приводит к повышению электропроводящих свойств, и существенное влияние оказывает присутствие в системе 15 мас.% BaSO₄. В этом случае электропроводность увеличивается в три раза, как в момент смешения, так и через 4 ч. твердения. Следует отметить, что уровень электропроводности в затвердевшем материале после 4 ч. практически постоянен.

ТАБЛИЦА 1. Фосфатная система на основе гидроксида алюминия

BaSO ₄ , %	Электропроводность, См·м ⁻¹								Плотность, г/см ³	R _{сж.} после водонасыщения, МПа
	Момент смешен.	Время, ч								
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	2,60	0,80	0,60	0,49	0,44	0,36	0,32	0,30	1,95	20,5
3	2,70	1,00	0,70	0,50	0,45	0,38	0,38	0,38	2,01	28,5
7	8,00	1,25	1,15	1,00	0,90	0,88	0,85	0,70	1,95	17,0
15	9,20	1,50	1,35	1,20	1,10	1,00	0,96	0,90	2,00	21,0

Для сравнения в систему на основе гидроксида алюминия вместо сульфата бария в качестве вещества с отличной кристаллической структурой вводился гипс. При использовании в качестве добавки гипса в количестве 3 мас.% удельная электропроводность (табл. 2) изменяется от 2,0 См·м⁻¹ в момент смешения до 0,49 См·м⁻¹ через 4ч твердения. При 7 мас.% гипса незначительно повышается электропроводность в момент смешения (3,5 См·м⁻¹) и плавно уменьшается до 0,41 См·м⁻¹ к 4ч твердения. Увеличение содержания гипса до 15 мас.% приводит к снижению электропроводящих свойств, однако прочностные показатели образцов при этом повышаются.

ТАБЛИЦА 2. Фосфатная система на основе гидроксида алюминия

CaSO ₄ ·2H ₂ O, %	Электропроводность, См·м ⁻¹								Плотность, г/см ³	R _{сж.} после водонасыщения, МПа
	Момент смешен.	Время, ч								
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4		28 сут.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	2,60	0,80	0,60	0,49	0,44	0,36	0,32	0,30	1,95	20,5
3	2,00	1,20	0,91	0,62	0,59	0,54	0,52	0,49	1,93	20,0
7	3,50	0,80	0,73	0,65	0,59	0,50	0,46	0,41	1,89	15,5
15	2,40	0,75	0,57	0,42	0,34	0,31	0,30	0,24	1,89	10,5

3. Система на основе кембрийской глины

В работе также изучались процессы твердения фосфатных материалов на основе кембрийской глины, 15% оксида железа(II) и добавок BaSO₄ и CaSO₄·2H₂O. В табл. 3 и 4 представлены результаты исследований этих систем.

ТАБЛИЦА 3. Фосфатная система на основе кембрийской глины

BaSO ₄ , %	Электропроводность, См·м ⁻¹								Плотность, г/см ³	R _{сж.} после водонасыщения, МПа
	Момент смешен.	Время, ч								
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4		28 сут.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	2,30	0,90	0,86	0,80	0,67	0,60	0,60	0,59	2,36	5,0
3	3,30	1,20	1,16	1,10	1,10	1,10	1,05	1,05	2,29	9,5
7	2,90	1,20	1,15	1,00	0,90	0,88	0,85	0,70	2,27	6,5
1	2,90	1,05	1,35	1,20	1,10	1,00	0,96	0,90	2,29	5,5

5										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ТАБЛИЦА 4. Фосфатная система на основе кембрийской глины

CaSO ₄ ·2H ₂ O, %	Электропроводность, См·м ⁻¹								Плотность, г/см ³	R _{сж.} после водонасыщения, МПа
	Момент смешен.	Время, ч								
		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	2,30	0,90	0,86	0,80	0,67	0,60	0,60	0,59	2,36	5,0
3	2,95	1,00	0,96	0,93	0,90	0,89	0,88	0,86	2,41	9,0
7	2,80	1,00	0,92	0,87	0,85	0,84	0,84	0,78	2,25	15,5
15	2,90	1,50	0,98	0,92	0,89	0,86	0,85	0,80	2,23	10,5

Анализ этих результатов повторяет информацию табл.1 и 2 о том, что BaSO₄ увеличивает, а CaSO₄·2H₂O снижает электропроводность материала, в то время как BaSO₄ увеличивает прочность при 3% концентрации, а введение CaSO₄·2H₂O снижает прочность во всех случаях.

Интересно отметить, что значения плотности материалов (графа 10 в табл. 1, 2, 3 и 4 соответственно) практически постоянны. То есть, рост или уменьшение электропроводности в данных материалах не связаны с его плотностью. Другим интересным фактом является рост прочности материала в присутствии BaSO₄. Поскольку BaSO₄ труднорастворимое вещество (ПР≈1·10⁻⁹) с нейтральной реакцией среды, не взаимодействующее с H₃PO₄ ($K_d_{H_2SO_4} > K_d_{H_3PO_4}$), то его воздействие свидетельствует о существенной роли контактных явлений на границах разделов фаз: Al-содержащая фаза – фаза новообразований и наполнитель BaSO₄. Эти явления зависят от энергии вводимого катиона, которую можно описать в рамках значений квантовых чисел (Сватовская Л.Б. и др., 2004). В этом случае энергия катиона Ba²⁺, 6s-уровень, значительно выше энергии Ca²⁺, 4s-уровень, поэтому максимально достигнутая прочность в условиях водонасыщения Ba-содержащего материала превышает прочность в этих условиях Ca-содержащего, при этом не превышает бездобавочные составы.

В условиях плотной упаковки упрочнение контакта $BaSO_4$ также способствует увеличению электропроводности, что и наблюдается в эксперименте.

4. Заключение

В работе исследованы электропроводность и прочность при водонасыщении фосфатных материалов в присутствии $BaSO_4$ и $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Показано, что введение $BaSO_4$, приводит к увеличению в три раза электропроводности и на 40% прочности при водонасыщении.

5. Литература

Сватовская Л.Б., Соловьева В.Я., Масленникова Л.Л., Латугова М.Н. и др. Термодинамический и электронный аспекты свойств композиционных материалов для строительства и экозащиты. – СПб.: ОАО «Издательство Стройиздат СПб», 2004. – 176с.

УДК 999.666

УСКОРЕНИЕ ТВЕРДЕНИЯ МОНОЛИТНОГО ПЕНОБЕТОНА ПРИ ПОНИЖЕННЫХ И ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

С.Д. Петров, А.В. Хитров

Аннотация

Отсутствие методических разработок по укладке монолитных пенобетонов в условиях пониженных и отрицательных температур значительно сдерживает увеличение объемов применения этого материала. Рассмотрены возможности использования существующих методов зимнего бетонирования применительно к монолитному бетону. Как наиболее эффективные выделены метод «термоса», электропрогрев и применение противоморозных добавок. Выявлены особенности их применения для пенобетона. Отработаны рекомендации по расчету параметров укладки пенобетона при низких и отрицательных температурах, с использованием выбранных методов.

Ключевые слова: монолитный пенобетон; пониженные и отрицательные температуры; метод термоса; противоморозные добавки; электропрогрев греющими проводами

Введение

В настоящее время на Российском строительном рынке применение монолитного пенобетона получает все большее распространение. Расширяется список конструкций возводимых из пенобетона:

- устройство кровли, стяжек и полов по грунту;
- утепление покрытий и наружных стен;
- заполнение колодцевой кладки;
- самонесущие стены и монолитные перекрытия;
- утепление трубопроводов и т. д.

Растет количество научных и проектных организаций занимающихся вопросами внедрения пенобетонов в строительную практику. Увеличивается список строительных организаций, осваивающих технологию применения монолитного пенобетона в условиях строительной площадки.

Появление качественно новых пенообразователей и большого количества оборудования для приготовления пенобетона дало толчок к развитию пенобетонных технологий и не только в виде блоков. Монолитный пенобетон все шире применяется в строительстве. Идея поризации материалов строительными пенами, с целью повышения их теплотехнических характеристик, приобретает реальные черты.

Одним из сдерживающих факторов повсеместного применения монолитного пенобетона является отрицательная температура наружного воздуха. Как работать с пенобетоном при низких и отрицательных температурах? Какие методы укладки и ухода за свежееуложенным пенобетоном применять? Возможно ли вообще ведение работ зимой с применением монолитного пенобетона?

По зимнему бетонированию существует множество книг, научно-технических разработок, научных статей и рекомендаций, методические пособия и т.д. Ведется обучение специалистов методам строительных работ в зимних условиях. Строительные процессы зимой не останавливаются, они лишь преобразуются. По производству бетонных работ в зимних условиях существует богатый мировой опыт. Однако планируя работы по укладке монолитного пенобетона при пониженных температурах, строители сталкиваются с проблемой отсутствия каких либо рекомендаций и разработанных технологий по этому поводу.

1. Современные способы ускорения твердения монолитного бетона при низких и отрицательных температурах

1.1. Современные способы зимнего бетонирования. Методы исследования. Постановка задачи

В основу проводимых исследований взято предположение о возможной преемственности существующих технологий зимнего бетонирования, для укладки монолитного пенобетона. Имея одинаковую цементную основу, базирующуюся на процессах гидратации цемента, различие в твердении определяется поведением применяемых пен. По своей сути пенобетон, это цементная (или цементно-песчаная) смесь с пеной, не оседающей до момента схватывания цемента. После того как цементная матрица схватилась и способна удерживать свои формы, пена может оседать без ущерба для конструкции, свою миссию она выполнила. При низких температурах внутреннее давление в порах слабеет, и пена теряет способность удерживать сдавливающее напряжение от цементной смеси. Таким образом, усложнение задачи сводится к тому, что в условиях низких и отрицательных температур, помимо соблюдения процессов гидратации цемента, необходимо соблюдения условия устойчивости пены.

1.2. Методы исследования. Постановка задачи

Для ускорения твердения монолитного пенобетона в условиях пониженных и отрицательных температур рассмотрена возможность применения наиболее широко используемых способов зимнего бетонирования:

- метода «термоса»;
- применение противоморозных добавок;
- электропрогрев нагревательными проводами.

2. Использование метода «термоса» для обеспечения условий набора прочности монолитного пенобетона, твердеющего при пониженных температурах

2.1. Теоретические основы укладки бетона методом термоса

Сущность способа укладки бетона методом «термоса» состоит в том, что запас суммарного тепла в бетоне должен соответствовать его расходу, при остывании конструкции до момента приобретения заданной прочности.

2.2. Исследование особенностей твердения пенобетона при укладке методом термоса

Проведенные исследования и практическое применение метода «термоса» для монолитного пенобетона показали преемственность существующих методик, но с учетом специфики монолитного пенобетона, которая сводится к тому, что, определяя время остывания до 0°С по формуле Скрамтаева,

$$\tau = \frac{C_{\beta} \gamma_{\beta} (t_{\beta.н} - t_{\beta.к}) + ЦЭ}{KM_n (t_{\beta.ср} - t_{н.в.})}$$

где: τ – продолжительность остывания бетона, ч; C_{β} – удельная теплоемкость бетона, кДж/кг °С; λ_{β} – плотность бетона, кг/м³; $t_{\beta.н.}$ – начальная температура бетона в конструкции, °С; $t_{\beta.к.}$ – температура бетона к концу остывания, рекомендуется принимать не ниже 5 °С; $t_{\beta.ср.}$ – средняя температура остывания конструкции, °С; $t_{н.в.}$ – температура наружного воздуха, °С; $Ц$ – расход цемента, кг/м³; $Э$ – удельное тепловыделение цемента за время твердения бетона Дж/кг; M_n – модуль поверхности конструкции м⁻¹; K – коэффициент теплопередачи через опалубку и теплоизоляцию, Вт/м²·К.

Необходимо учитывать, что $t_{\beta.н.}$ зависит от пенообразователя. Опытами на пеноконцентратах было установлено, что разрушение пены на протеиновых пенообразователях происходит при температурах выше +30°С, пены на синтетических пенообразователях разрушаются при температурах нагрева более +60°С, пены на клееканифольных пенообразователях разрушаются при температуре нагрева более +70°С.

Далее зная время остывания, и определив среднюю температуру остывания можно по таблицам набора прочности, определить какой процент прочности от R_{28t} наберет пенобетон за время остывания. Подсчитанную прочность необходимо сравнить с критической, которая заранее устанавливается в зависимости от конструкции, создаваемой из пенобетона. Для продления времени остывания необходимо, либо дополнительно утеплять конструкцию, либо применить более активный цемент, или же менять способ бетонирования на более экономичный.

3. Использование химических добавок для ускорения твердения монолитного пенобетона при низких и отрицательных температурах

3.1. Исследование противоморозных добавок на совместимость с применяемыми пенообразователями

При рассмотрении возможности применения существующих противоморозных добавок для укладки монолитного пенобетона, была выявлена проблема совместимости противоморозных добавок с пенообразователями, применяемыми при производстве пенобетонов.

ТАБЛИЦА 1. Совместимость пенообразователей и противоморозных добавок

Химическая природа ПО	Название ПО	CaCl ₂ +NaCl	NaNO ₂	K ₂ CO ₃
Алкилсульфат	Пеностром, ПО-6, ПБ-2000	+	+	-
Соли смоляных кислот	Клееканифольный ПО	-	+	+
Протеины и гидролизаты белков	НЕОПОР, УНИПОР, ЭДЕМА, НИКА	+	+	-

(-) – пена разрушается; (+) – пена не разрушается

Агрессивность добавок по отношению к пенообразующим веществам приводит к разрушению пены и осадке пенобетона. Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1.

4. Применение электропрогрева греющими проводами при укладке пенобетона в условиях отрицательных температур

4.1. Основы технологии термообработки бетонов с применением греющих проводов

При исследовании возможности применения электропрогрева бесконтактным способом, путем укладки греющих проводов в массив пенобетонной конструкции, было выявлено, что процессы, протекающие в пенобетоне под воздействием бесконтактного электропрогрева, в принципе, позволяют пенобетону набирать «критическую прочность», – при которой дальнейшее замораживание становится неопасным. В тоже время исследования показали, что и этот метод необходимо применять с учетом особенностей пенобетонной смеси.

4.2. Структурные особенности твердения монолитного пенобетона под воздействием греющего провода

Стремление нагреть провода как можно сильнее, при укладке тяжелого бетона, сдерживается лишь температурой «заваривания» цемента и температурой плавления изоляции нагревающего провода. Установлено, что при электропрогреве монолитного пенобетона необходимо учитывать и то, что повышение температуры пенобетона может вызвать разрушение пены. Температура, при которой происходит разрушение пены, нами названа предельной T_{np} . Пены полученные на разных пенообразователях имеют свои значения T_{np} , приведенные в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2. Температуры разрушения различных пен

Название пенообразователя	Температура разрушения пены, °С
Пеностром, ПО-6, ПБ -2000	60
Клееканифольный ПО	70
НЕОПОР, УНИПОР, ГК, НИКА	30

5. Заключение

Накопленный нами опыт позволяет сделать вывод, что особенностью зимней укладки монолитного пенобетона является, не только создание условий для гидратации цемента, но и сохранение порообразующей системы. До момента схватывания цементной матрицы и набора ею прочности, необходимой для удерживания собственного веса, пенообразующая структура должна стоять. Сделаны лишь первые шаги в этой области. Для выработки полного объема рекомендаций по способам зимней укладки монолитного пенобетона, необходимы дальнейшие исследования. У монолитного пенобетона большое будущее и чем меньше сдерживающих факторов, тем шире спектр его практического применения.

6. Литература

- Головнев С.Г. Оптимизация методов зимнего бетонирования. – Л.: Стройиздат, 1983. – 142 с.
- Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. – М.: Стройиздат, 1975. – 357 с.
- Бессер Я.Р. Методы зимнего бетонирования. – М.: Стройиздат, 1976, –175 с.
- Руководство по зимнему бетонированию с применением метода термоса. – М.: Стройиздат, 1975. – 21 с.
- Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях Дальнего востока, Сибири и крайнего Севера. ЦНИИОМТП. – М.: Стройиздат, 1982. – 68 с.

УДК628.1

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ В СЕТИ

Е.Е. Пиленкова

Аннотация

Развитие методов оптимизации проектируемых и эксплуатируемых водопроводных сетей стимулируется тем, что величина капитальных и эксплуатационных затрат на систему водоснабжения в целом зависит от оптимальности принятого проектного решения. Из общей задачи оптимизации эксплуатируемых сетей можно выделить подзадачу – оптимизации потокораспределения в сетях.

Ключевые слова: оптимальное потокораспределение; регулятор

Введение

В области оптимизации систем подачи и распределения воды (СПРВ) выполнено достаточно много работ.

Наиболее изучены вопросы параметрической оптимизации (выбор оптимальных диаметров). Они развиваются с 30-х годов (Шифринсон Б.Л., Кирсанов А.В., Мошнин Л.Ф., Абрамов Н.Н.). Выбор оптимальных трасс (структурная оптимизация) и совместное решение первой и второй задачи (структурно-параметрическая оптимизация) теоретически обоснованы в работах Хасилева В.Я., Меренкова А.П. (Меренков А.П. и др., 1984), Сумарокова С.В. (Сумароков С.В., 1983), Чупина В.Р., Тевяшева А.Д., Евдокимова А.Г. (Евдокимов А.Г. и др., 1990) в 70-е годы. Попутно решались более частные оптимизационные задачи (размещение водонапорных емкостей, оптимальное резервирование). Оптимизация эксплуатируемых сетей имеет свои особенности, рассмотренные в работах Мошнина Л.Ф., Курганова А.М., Евдокимова А.Г., Хоружего П.Д.

Вопросами оптимизации потокораспределения занимался Эгильский И.С. В своей книге «Автоматизированные системы управления технологическими процессами подачи и распределения воды» (Эгильский И.Г., 1988) он пишет, что регулирование потоков является эффективным способом управления СПРВ для уменьшения избыточных напоров и улучшения водообеспеченности потребителей.

1. Обоснование необходимости оперативного управления

В условиях мегаполиса с интенсивной, разноэтажной застройкой и выделением промышленных зон следствием чего являются различные режимы водопотребления, управление потоками позволяет добиться более рационального водораспределения. Обычно это осуществляется путем изменения напоров и подачи насосных станций: изменением частоты оборотов двигателя насосного агрегата, дросселированием (прикрытием) задвижек на выходе с насосных станций. Эти способы не решают полностью проблемы.

Проводились научные изыскания по оперативному управлению работой сети в аварийных ситуациях, есть примеры успешного решения

проблемы избыточных напоров у группы потребителей, с низким требуемым напором с помощью установки регуляторов давления.

Необходимость в управлении потоками реально существует. На сетях Санкт-Петербурга около 400 оперативных закрытых и зарегулированных задвижек из них около 150 задвижек деления зон станций 50 зарегулированных и закрытых задвижек деления зон по профилю.

Вопросы оптимального регулирования актуальны для городов имеющих крупных промышленных потребителей (города при ж/д станциях), ярко выраженный рельеф местности (Киев, Хабаровск, Сочи, Владивосток). Регулирование давления на водопроводной сети в одном из районов г.Москвы позволило снизить утечки на 4%. В Ростове-на-Дону разработана программа установки регуляторов давления на сети, от реализации которой ожидается получение годовой экономии 4,6 млн. руб.

На основе предпринятого анализа схем водоснабжения Санкт – Петербурга и перечисленных выше городов, можно выделить три основных задачи, которые решаются эксплуатационным персоналом на основе дросселирования сетевых задвижек:

1. Дросселирование избыточных напоров у группы потребителей, расположенных в местах пониженного рельефа.
2. Регулирование потокораспределения между двумя или более водопроводными станциями, совмещающими производство и подачу воды.
3. Регулирование потокораспределения между двумя или более повысительными насосными станциями в условиях сложного рельефа или при существенных различиях в уровне требуемых напоров в зонах их действия.

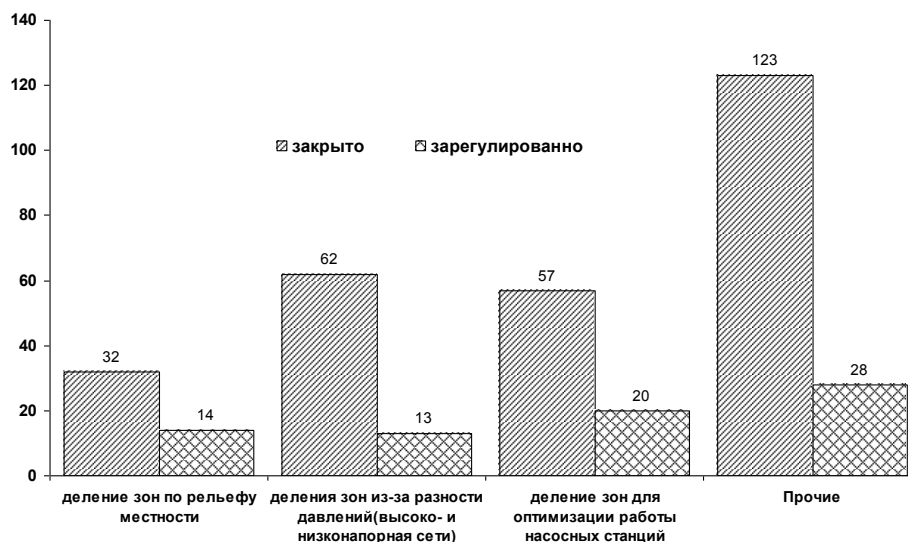


Рис. 1. Закрытые и зарегулированные задвижки на водопроводных сетях Санкт-Петербурга на конец 2003 года

2. Вычислительные эксперименты для моделирования гидравлических режимов в водопроводной сети

На сетях большого города процесс регулирования и управления потокораспределением очень трудоемкий. Выбор мест регулирования, требует обоснованного подхода, иногда переключения приводят к нежелательным изменениям в режиме работы сети. Поэтому процесс регулирования должен предварительно исследования на математической модели.

3. Типы регуляторов для управления потокораспределением

Эффективность решения рассмотренных задач может быть существенно повышена на основе применения регуляторов с автоматическим управлением взамен применяемого дросселирования напоров и ограничения подачи воды запорной арматурой. Регуляторы способны поддерживать постоянный напор до или после себя независимо от изменения режима водоснабжения, а при наличии программируемого контроллера и системы датчиков напоров в сети появляется принципиально новая возможность оптимизации работы системы подачи воды при соблюдении необходимых ограничений на основе обратной связи с уровнем контролируемых напоров в сети. До последнего времени решение вопроса оптимизации потокораспределения на основе регулирования сопротивления, было затруднено вследствие отсутствия технических средств оперативного регулирования. В последние годы появилось большое количество как зарубежных, так и отечественных производителей предлагающих довольно широкий спектр запорно-регулирующей арматуры.

Целью работы является создание методов оптимального управления потокораспределением в эксплуатируемых системах подачи и распределения воды на основе управляемого регулирования сопротивлением сети.

5. Заключение

Решением поставленных задач является методика оптимизации потокораспределения разработанная на основе теории гидравлических цепей (Меренков А.П. и др., 1984) с учетом минимизации функционала эксплуатационных затрат и ограничений по напорам у потребителей алгоритм оптимального управления клапанами с учетом колебаний часового и суточного водопотребления.

Описанные подходы реализованы в проекте системы управления подачей воды на основе автоматизированных регуляторов напора с дистанционным контролем, разработанным для одного из районов Санкт – Петербурга. Ожидаемое снижение энергозатрат по данному проекту составляет 5 %, уровень экономии воды за счет сокращения потерь оценивается в 12 %.

6. Литература

- Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. – М.: Наука. 1985. – 278с.
Сумароков С.В. Математическое моделирование систем водоснабжения. – Новосибирск: Наука. 1983. – 167с.
Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д., Дубровский В.В. Моделирование и оптимизация потокораспределения в инженерных сетях. – М.: Стройиздат. 1990. – 365с.
Эгильский И.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами подачи и распределения воды. – Л.: Стройиздат. 1988. – 216с.

УДК 621.644

ЗАЩИТА НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДООТВЕДЕНИЯ ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УДАРОВ

Н.В. Твардовская

Аннотация

В настоящее время в нормативных документах отсутствуют конкретные рекомендации по организации защиты напорных трубопроводов водоотведения от гидравлических ударов, учитывающие особенности рассматриваемых систем. В данной работе рассматриваются основные средства защиты, которые рекомендуется использовать с целью предотвращения возникновения резких колебаний давления в напорных системах, транспортирующих сточные воды различных категорий. Более подробно в статье описана конструкция предлагаемого к использованию гасителя гидравлических ударов, адаптированная к условиям работы на загрязненных жидкостях.

Ключевые слова: гидравлический удар; сточные воды; противоударная защита; воздушно-гидравлический колпак; разрывные мембраны; выпуск воздуха; гаситель гидравлических ударов; демпфирующий элемент; сбросной клапан; разделитель сред

Введение

Важным этапом по обеспечению надежной работы напорных трубопроводов водоотведения является подбор и установка средств защиты от гидравлических ударов. Обзор литературных источников показал, что в настоящее время исследования по защите от резких повышений давления в трубопроводах, перекачивающих сточные воды, практически отсутствуют, как отсутствуют и конкретные рекомендации по защите трубопроводов водоотведения от гидравлических ударов, учитывающие особенности рассматриваемых систем.

Выбор средств защиты от гидравлических ударов для напорных трубопроводов водоотводящих систем представляет особую сложность. Стоки являются многокомпонентной и гетерогенной системой, поэтому многие противоударные устройства, хорошо срабатывающие на чистой воде, в условиях сточных вод достаточно быстро засоряются и не выполняют своих функций. Таким образом, вопросы защиты напорных трубопроводов водоотведения при возможности возникновения в них нестационарных режимов течения, ведущих к нарушению их работы, являются весьма актуальными.

1. Общие рекомендации

Проведенный обзор работ, посвященный нестационарным режимам течения в трубопроводных системах различного назначения, показал, что при выборе мер по предотвращению резких колебаний давления в напорных системах водоотведения необходимо ориентироваться только на те способы, которые не требуют установки специальных устройств, имеющих сложную конструкцию и быстро засоряемые элементы, а также при срабатывании которых не происходит выпуск сточных вод за пределы трубопроводной системы.

На основании проведенных исследований, для защиты напорных трубопроводных систем водоотведения от резких колебаний давления рекомендуется использовать: сброс части жидкости из напорного трубопровода в воздушно-гидравлические колпаки и гасители с демпфирующими элементами, применять гасители гидравлических ударов с разделителем сред и аварийную защиту трубопроводов с помощью разрывных мембран с отводом сбрасываемой при их срабатывании загрязненной воды в изолированную емкость или резервуар, организовывать впуск воздуха в трубопровод, увеличивать инерционность или общий модуль упругости напорной системы (Твардовская Н.В. Защита..., 2004).

2. Некоторые способы уменьшения резких повышений давления в напорных системах водоотведения

2.1. Гашение гидравлических ударов с помощью демпфирующих элементов

Одним из рекомендуемых средств защиты от гидравлических ударов для напорных систем водоотведения является использование демпфирующих элементов. Суть данного способа противоударной защиты состоит в гашении волн повышенного давления за счет их отражения и преломления амортизирующими элементами, расположенными в отдельных наиболее опасных точках трубопровода либо равномерно распределенными по длине магистрали. В качестве демпфирующих элементов в гасителях гидравлических ударов для систем водоотведения рекомендуется использовать рабочие органы в виде торов, сфер шаров, шлангов, герметических металлических сильфонов, заполненных воздухом под избыточным давлением, а также эластичные материалы, такие как вспененные полимеры типа пенополиуретана или губчатой резины.

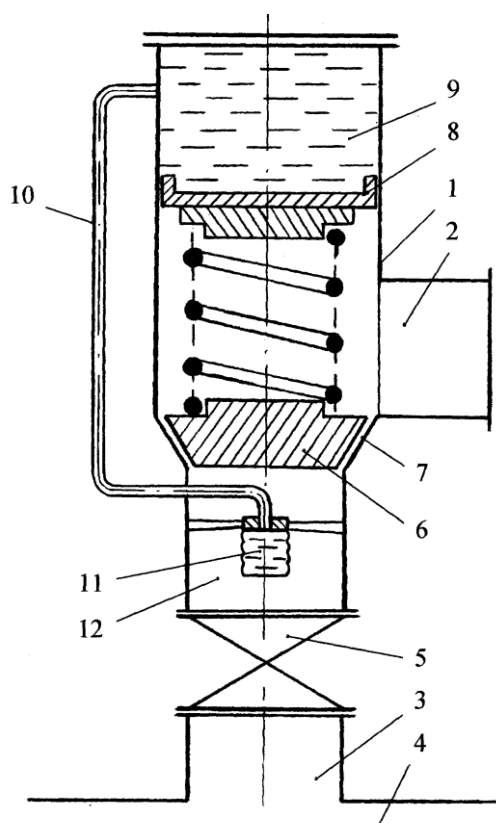


Рис.1. Усовершенствованный гаситель гидравлических ударов для загрязненных жидкостей с разделителем сред:
1 – корпус гасителя; 2 – сливная линия;
3 – отводящий патрубок; 4 – защищаемый трубопровод; 5 – задвижка; 6 – сбросной клапан; 7 – седло сбросного клапана;
8 – подпружиненный поршень; 9 – полость в верхней части гасителя; 10 – импульсная трубка; 11 – разделитель сред; 12 – полость для крепления разделителя сред.

2.2. Впуск воздуха как способ противоударной защиты напорных водоотводящих трубопроводов

Впуск воздуха в трубопровод для напорных систем водоотведения также рассматривается как эффективный способ защиты от резких повышений давления (Твардовская Н.В. Впуск воздуха..., 2004). В зависимости от конкретных условий он может применяться либо как метод уменьшения приведенного модуля упругости напорной системы (путем постоянного аэрирования потока в объеме 1-2% от общего объема), либо обеспечивать снижение повышений давления при гидравлическом ударе за счет ликвидации мест образования вакуума.

2.3. Использование гасителей гидравлических ударов дифференциального действия

В тех случаях, когда рассмотренные выше средства не дают желаемого результата, для гашения гидравлических

ударов, начинающихся как с волны повышения, так и понижения давления, для систем водоотведения рекомендуется использовать усовершенствованный гаситель гидравлических ударов для загрязненных жидкостей с разделителем сред (рис.1). На данное устройство получен патент Российской Федерации на полезную модель (Пат. 41831. Россия, 2004).

За прототип предлагаемого устройства был принят гаситель, разработанный В.С. Дикаревским, А.И. Алексеевым, М.Ю. Юдиным (А.с. N1583695. СССР, 1990) для напорных водоводов, работающих в условиях вечной мерзлоты, конструктивные особенности которого осложняют его использование в системах водоотведения.

Предлагаемый усовершенствованный гаситель относится к приборам дифференциального действия с гидравлической нагрузкой, которые автоматически настраиваются на любое давление в рабочем режиме и срабатывают только при значительной разности давлений, возникающих в системе. Главное их достоинство заключается в эффективном гашении гидравлических ударов по сравнению со многими другими противоударными средствами.

Усовершенствованный гаситель для загрязненных жидкостей (рис.1) состоит из корпуса 1 со сливной линией 2, который установлен на отводном патрубке 3 защищаемого трубопровода 4 через задвижку 5. В стационарном режиме клапан 6 плотно прижимается по конической поверхности тарелки к седлу 7 за счет давления, передаваемого из трубопровода 4 через разделитель сред 11 в полость 9 и действующего на поршень 8. Гидравлическая нагрузка, прижимающая клапан 6 к седлу 7, обуславливается тем, что его площадь меньше площади поршня 8.

При гидравлическом ударе давление в трубопроводе под клапаном возрастает. Одновременно происходит сжатие разделителя сред 11, укрепленного в полости 12 и выполненного в виде сильфонной оболочки. Давление передается в полость 9 с некоторым запаздыванием, обусловленным упругими свойствами сильфона 11. Вследствие этого давление на клапан 6 со стороны напорного трубопровода 4 на короткое время превысит давление, действующее на поршень 8 со стороны полости 9. Поэтому клапан 6 приподнимается, и часть жидкости из трубопровода 4 по отводному трубопроводу 3 через гаситель сбрасывается по сливной линии 2. В дальнейшем давление в полостях 9 и 12 выравнивается, клапан 6 опускается и сброс жидкости прекращается.

Повышение надежности гасителя в работе при перекачке неоднородных жидкостей достигается тем, что в его устройстве имеется разделитель сред 11 в виде сильфонной оболочки, который обеспечивает отсутствие возможности засорения импульсной трубки 10 загрязнениями,

содержащимися в перекачиваемой жидкости, и одновременно является дросселирующим элементом. Систему разделитель сред 11 – полость 9 рекомендуется заполнять однородной жидкостью, вязкость которой должна быть возможно меньшей и не изменяться при значительных колебаниях температуры окружающего воздуха. Таким требованиям, например, отвечают масла: АМГ, веретенное, трансформаторное.

При организации защиты от гидравлического удара насосного оборудования с помощью предлагаемого гасителя, отвод жидкости при его срабатывании осуществляется по сливной линии прямо в приемный резервуар насосной станции и выброса стоков за пределы системы водоотведения не происходит. В случае необходимости установки такого гасителя в промежуточной точке по длине магистрали, он присоединяется к трубопроводу в колодце, а отвод жидкости при его срабатывании производится в специальный изолированный колодец.

3. Экономическая эффективность использования противоударных устройств в системах водоотведения

Проведенные экономические расчеты показали, что затраты, связанные с использованием отмеченных в работе средств для защиты от резких повышений давления напорных водоотводящих систем, несоизмеримо меньше, чем средства необходимые на восстановление работы трубопроводной магистрали и возмещение ущерба от загрязнения окружающей среды при авариях.

4. Заключение

Использование отмеченных в работе средств для защиты от резких колебаний давления напорных водоотводящих систем способствует предупреждению случаев возникновения гидравлических ударов в трубопроводах и тем самым снижает вероятность возникновения аварий, которые для рассматриваемых систем усугубляются возможностью загрязнения окружающей среды сточными водами. Выбор наиболее эффективных средств защиты в каждом конкретном случае определяется на основе технико-экономического сравнения вариантов, а для организации более надежной защиты напорных трубопроводов, перекачивающих сточные воды, рационально применять комбинации указанных способов.

5. Литература

Твардовская Н.В. Защита напорных систем водоотведения от резких повышений давления // Материалы научно-технической конференции ПГУПС “Шаг в будущее” (Неделя науки-2004). – СПб., 2004. – С. 113-114.

- Твардовская Н.В. Впуск воздуха как способ противоударной защиты напорных трубопроводов водоотведения // Актуальные проблемы современного строительства: Сборник докладов 57-й Международной научно-технической конференции молодых ученых СПбГАСУ. Ч.II. – СПб., 2004. – С. 44-48.
- Пат.41831. Россия, МКИ⁷ F16L55/045. Гаситель гидравлических ударов. / В.С.Дикаревский, Н.В.Твардовская; Петербургский государственный университет путей сообщения. – №2004120966/22, Заявл.14.07.2004; Оpubл.10.11.2004, Бюл. № 31.
- А.с. N 1583695. СССР, МКИ⁵ F16 K47/02, F16 L55/02 Гаситель гидравлических ударов / В.С. Дикаревский, А.И. Алексеев, М.Ю. Юдин. Заявл.04.12.88; Оpubл.07.08.90. Б.И.№29.

Экология

УДК 999.666

СОЗДАНИЕ ЗОЛОПЕНОБЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ ОТ СЖИГАНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕГО В КАЧЕСТВЕ ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

Е.В. Русанова

Аннотация.

Зола, получаемая при сжигании осадка сточных вод, отличается мелкодисперсностью и повышенным содержанием радионуклидов. Создан бетон ячеистый (пенобетон) автоклавного твердения с использованием золы взамен песка. Исследованы свойства полученного автоклавного золопенобетона на теплопроводность и шумозащитные свойства.

Ключевые слова: зола; бетон ячеистый; пенобетон; автоклавная обработка; стеновые камни; шумозащита

Введение

Проблема утилизации осадка сточных вод очистных сооружений является на сегодняшний день одной из основных экологических проблем крупных городов во всем мире. Одним из решений данной проблемы на очистных сооружениях о. Белый в г. Санкт-Петербург стала технология сжигания осадка. Продукцией завода сжигания осадка является зола, которая в настоящее время практически полностью вывозится на полигон

на захоронение. Однако данное использование золы ни с экономической, ни с экологической точки зрения нецелесообразно.

Одним из наиболее перспективных методов утилизации золы является применение ее в качестве добавки в строительные материалы, в частности, в пенобетоны автоклавного твердения, где снижается ее экологическая опасность. При этом новый материал – автоклавный золопенобетон – характеризуется улучшенными свойствами по теплопроводности.

1. Процесс получения золы

Зола получается при сжигании обезвоженного на центрифугах осадка сточных вод (который представляет собой смесь осадка первичных отстойников и избыточного уплотненного активного ила) в печах с кипящим слоем при температуре 850°C. Газопылевая смесь подается на электрофильтры, где при помощи электрического поля происходит отделение образовавшейся при сжигании золы. Далее зола пневмотранспортом направляется в бункер хранения золы. Загрузка золы в автотранспорт производится с одновременным ее увлажнением до 30% влажности технической водой. И в настоящий момент зола вывозится на полигон для захоронения.

2. Характеристика золы, ее состав

Зола представляет собой мелкодисперсный порошок желто-коричневого цвета. Частицы золы составляют примерно $1,2 \div 10-50$ мкм. Удельная поверхность золы – порядка 2000-3000 см²/г. Основным соединением золы является SiO₂ (α-кварц), который составляет от 48 до 54% её массового состава.

Однако зола имеет ряд недостатков, такие как содержание в ней тяжелых металлов и повышенное содержание радионуклидов (Белячков Ю.А. и др., 2000), что существенно ограничивает её непосредственное применение.

3. Существующие способы утилизации золы

На данный момент существует множество способов утилизации зол различного происхождения в качестве добавок в различные строительные материалы (Куатбаев К.К. и др., 1981).

Как показал опыт использования сланцевой золы, золы приволжских сланцев, золы кашпирских сланцев и других видов зол при производстве бетонов наиболее эффективным оказалась автоклавная обработка (Боженков П.И. и др., 1963).

Одним из основных путей использования золы является производство ячеистых бетонов с их автоклавной обработкой - пенобетона.

4. Подбор состава пенобетона на основе золы

Проектирование состава пенобетона определялся расчётно-экспериментальным методом, с учётом современных исследований (Махамбетова У.К. и др., 1997).

Расчет состава пенобетона определялся исходными значениями «С» – отношение массы песка к массе вяжущего пенобетона автоклавного твердения, и оптимальном отношением В/Вяз., которые установили на основании многочисленных экспериментальных данных табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. Расчетное отношение массы песка к массе вяжущего и водовяжущего отношения

Средняя плотность пенобетона, кг/м ³	Значение «С»	В/Вяз.
500	0,9; 1,1; 1,3	0,40; 0,405; 0,41

Расход вяжущего на замес определяли по формуле:

$$P_{\text{вяж.}} = D/K_c (1+C) \cdot V \quad (1)$$

где D – средняя плотность пенобетона; $K_c = 1,1$ – количество химически связанной воды по отношению к массе сухих компонентов (цемент + песок); V – объем замеса, м³; C – отношение песка к цементу.

Расход песка определялся по формуле:

$$P_{\text{п}} = P_{\text{вяж.}} \cdot C \quad (2)$$

Расход воды по формуле:

$$P_{\text{в}} = P_{\text{вяж.}} \cdot В/Вяз. \quad (3)$$

Расход пенообразующей добавки определяли следующим образом:

а) определяли требуемый расход пены по формуле:

$$V_{\text{пены}} = [1000 - (P_{\text{вяж.}}/\rho_{\text{ист.вяж.}} + P_{\text{п}}/\rho_{\text{ист.п.}} + P_{\text{воды}})] \quad (4)$$

$\rho_{\text{ист.вяж.}}$ – истинная плотность вяжущего, равна 3,1 г/см³; $\rho_{\text{ист.п.}}$ – истинная плотность песка, равна 2,6 г/см³;

б) определяли расход рабочего раствора пенообразующей добавки (ПД) по формуле:

$$P_{\text{р-ра ПД}} = V_{\text{пены}} / \text{кратность пены}, \quad (5)$$

Кратность пены для используемой пенообразующей добавки равна 14.
с) расход пенообразующей добавки составил:

$$P_{\text{ПД}} = P_{\text{раб. р-ра ПД}} / N, \quad (6)$$

где N соответствует величине разбавления ПД при приготовлении рабочего раствора, для используемой ПД величина $N=35$.

При помощи вышеприведенных формул произвели теоретический расчет расхода материалов на 1 м^3 для пенобетона Д 500. Далее определяли оптимальную подвижность цементно-песчаного раствора полученных составов, обеспечивая подвижность растворной смеси, оценённой по вискозиметру Суттарда в диапазоне 22...30 см. Для каждого исследуемого состава определяли прочность при сжатии после гидротермальной обработки.

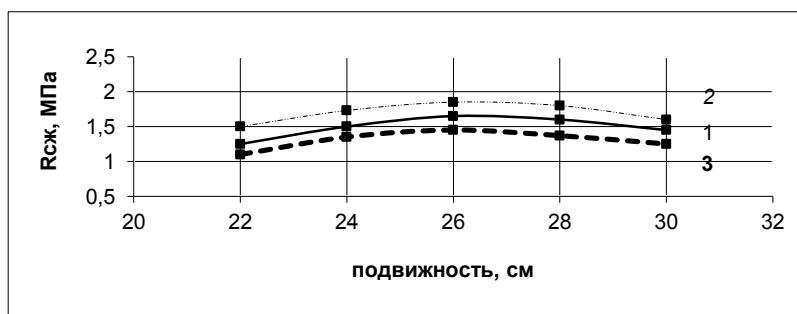


Рис.1. Зависимость прочности Д 500 от подвижности растворной смеси на основе расчетных составов

Откорректированные расходы материалов и прочность пенобетона после гидротермального твердения, анализируемая в течение 56 суток представлены в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2. Фактический расход материалов на 1 м^3 пенобетона Д 500 и прочностные характеристики пенобетона

№ п.п.	Расход материалов на 1 м^3 пенобетона, кг	В/Вяж. раство	б рас тво	рнц	Прочность при сжатии, МПа
--------	---	---------------	-----------	-----	---------------------------

	Ц	П	В	ПД	рной смеси		Время, сутки		
							1	28	56
							1	240	186
2	220	200	89	1,49	0,4	26	1,9	2,1	2,21
3	216	204	82	1,51	0,412	26	1,6	1,78	1,89

Представленные в табл. 2 расходы материалов обеспечивают получение пенобетона после автоклавирования с прочностью, соответствующей требованиям ГОСТ 25485. При этом максимальную прочность имеет пенобетон состава № 2, прочность которого изменяется от 1,9 до 2,2 МПа в течение 56 суток.

При использовании резательной технологии, для равномерного созревания массива исследовали смешанное вяжущее, которое состояло из портландцемента и строительной извести. Оптимальное количество извести определяли экспериментально при постепенном замещении доли цемента на известь и определении пластической прочности по всему объему массива.

При проведении работы осуществлялась замена 100%, 75% и 50% песка на золу. Предлагаемые составы и полученные результаты представлены в табл. 3. Данный состав был рекомендован для промышленного использования при изготовлении блоков в отдельных формах, с последующим твердением в гидротермальных условиях. (Патент «Автоклавный золопенобетон»)

ТАБЛИЦА 3. Состав пенобетона автоклавного твердения на основе золы от сжигания осадка сточных вод

№ партии	Расход материалов на 1 м ³ бетона, кг					Прочность при сжатии, МПа	Теплопроводность λ, Вт/(м*°С)
	Ц цемент	И известь	П песок	З зола	П.Д.*		
1	160	60	200	-	1,6	1,5	0,13
2	160	60	-	200	1,6	0,7 – 1,0	0,10
3	160	60	50	150	1,6	0,7 – 1,0	0,11
4	160	60	100	100	1,6	0,7 – 1,0	0,12

П.Д.* – пенообразующая добавка

Полученный пенобетон на основе золы в соответствии с ГОСТ 25485-89 является теплоизоляционным, для которого одной из основных характеристик является теплозащитность.

По результатам испытаний, коэффициент теплопроводности, $\lambda = 0,10-0,12$ Вт/(м*°С), что соответствует требованиям ГОСТ 25485-89 для пенобетона средней плотности D500.

5. Производство пенобетона на основе золы

На основании полученных данных разработан технологический регламент производства блоков стеновых мелких из бетона ячеистого (пенобетона) автоклавного твердения по резательной технологии. Было выпущено три опытные партии разработанного пенобетона с содержанием 50%, 75% и 100% золы вместо песка. Получен патент на автоклавный золопенобетон.

Радиоактивность полученного пенобетона с использованием золы аналогична радиоактивности пенобетона с использованием строительного песка.

6. Применение пенобетона на основе золы

Полученный автоклавный золопенобетон был использован при строительстве объектов промышленного назначения в качестве стенового материала. При этом он показал себя не только как хороший теплозащитный материал, но и как шумозащитный, что позволило предложить использовать его в качестве шумозащитного материала на железных дорогах России.

Теоретический расчёт средней звукоизолирующей способности однородного шумозащитного экрана без воздушных промежутков от воздушного шума, уровень которого выражен в децибелах был определён по формуле (Бобин Е.В. и др., 1973):

$$R_{cp} = 13,5 \times \lg G + 13 = 42 \text{ дБ} \quad (7)$$

где R_{cp} – средняя звукоизолирующая способность строительных конструкций, дБ; G – поверхностная масса конструкции, кг/м²

7. Заключение

Полученный автоклавный золопенобетон на основе золы от сжигания осадка сточных вод позволяет:

- Улучшить экологическую ситуацию в городе.
- Получить строительные экологически чистые изделия, не требующие дополнительных затрат.

- Снизить потребление природных ресурсов (песка).
- Расширить сырьевую базу для производства пенобетона автоклавного твердения с одновременным снижением себестоимости готовой продукции за счёт снижения стоимости заполнителя и затрат на электроэнергию, так как при достаточной удельной поверхности золы её не надо молоть, и один из наиболее трудоёмких процессов производства – помол, затраты на который составляет до 10% от общих затрат производства, – сокращается.

8. Литература

- Белячков Ю.А., Гращенко С.М., Кормановская Т.А., Лисаченко Э.П., Матвеева И.Г. Природные радионуклиды в золе от сжигания осадка городских сточных вод. – Экологическая Химия № 9(4), 2000.
- Куатбаев К.К. Силикатные бетоны из побочных продуктов промышленности. – М: Стройиздат, 1981.
- Боженев П.И., Кавалерова В.И., Сальников В.С., Суворова Г.Ф., Хлопова Л.И. Цементы автоклавного твердения и изделия на их основе. – Л: Госстройиздат, Ленингр. отд-е, 1963.
- Махамбетова У.К., Солтанбеков Т.К., Естемесов З.А. Современные пенобетоны. – СПб: ПГУПС, 1997.
- Патент (Заявка № 2004108763/03(009362)) «Автоклавный Золопенобетон».
- Бобин Е.В. Борьба с шумом и вибрацией на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1973. 304с.

Экономика и социальное управление

УДК 330.010

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОСМЫСЛЕНИЕ ПАРАДОКСОВ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЕНЕГ

Р. К. Гуцунаев

Аннотация

Рассмотрены принципиальные политико-экономические вопросы, касающиеся характеристики денег, современные теории происхождения денег. Исследованы причины появления денег и теоретически обосновывается многофакторный подход к анализу процесса возникновения и эволюции денег.

Ключевые слова: деньги; обмен; теории происхождения денег; рационалистическая теория, эволюционная теория, субъективно-психологическая концепция; эволюция денег

Введение

Одна из наиболее спорных проблем в экономической теории была и остается проблема денег. Сущность, функции, роль денег являются предметом постоянных дискуссий в научных кругах экономистов всего мира. Мало того, споры возникают не только при ответе на вопросы: что такое деньги или каковы методы денежного регулирования? Открытым остается и вопрос о причинах появления такого феномена, как деньги.

В связи с происхождением денег в отечественной литературе традиционно выделяются две концепции: рационалистическая и эволюционная.

1. Рационалистическая концепция как первое теоретическое обоснование появления денег

Рационалистическая концепция развивает мысль, что деньги – результат изобретения, соглашения или законодательного творчества между людьми, убедившимися в том, что для товарообмена необходимы специальные инструменты. Ее истоки восходят к трудам Аристотеля. В них содержится указание на то, что деньги возникли в результате договоренности между людьми для соизмерения предметов обмена и удобства обихода. Монета, по мнению философа, существует не по природе, а по установлению и во власти людей изменить ее или вывести из употребления (Аристотель, 1984).

Великие мыслители древности (Платон, Ксенофонт и др.) вслед за Аристотелем также говорили об искусственной природе денег. Эта концепция исходила из трудности объяснения того явления, что каждый хозяйствующий субъект охотно соглашался обменять свои товары на маленькие кусочки металла, которые непосредственно не являлись предметом потребления. Объяснить мотивацию подобного поведения людей проще всего было с помощью общей договоренности – закона.

2. Эволюционная теория происхождения денег

Согласно эволюционной теории (К. Маркс), деньги появились в результате процесса развития, который помимо воли людей привел к тому, что некоторые товары выделились из общей товарной массы и заняли особое место в товарообмене, исполняя роль всеобщего эквивалента. В процессе обмена товаров, труд, заключенный в их производстве, становится полезным трудом, и, таким образом, товар получает общественное признание как меновая стоимость, т. е. может быть обменян на всеобщий эквивалент – деньги.

Первый подход главное внимание уделяет рациональным мотивам поведения хозяйствующих субъектов, т.е. основывается на активности субъекта. А эволюционная теория предполагает появление денег без участия человека, только в рамках экономических законов (объективный подход).

Отечественные экономисты традиционно относят немарксистские взгляды по вопросу происхождения денег к рационалистической концепции. Такой подход однобок и не учитывает многофакторного анализа причин появления и эволюции денег. К тому же «особый товар как адекватное бытие меновой стоимости всех товаров» (золото, по Марксу) уже давно не выполняет своей главной функции.

3. Субъективно-психологический подход при многофакторном анализе происхождения и эволюции денег

Имеет смысл выделить отдельно еще одно направление, изучающее проблему происхождения денег. Его можно назвать субъективно-психологическим, т.к. обмен, предполагая взаимодействие субъектов, является социальным феноменом и развивается в первую очередь не от материальных причин (технических), а под воздействием моральных норм, обычаев, привычек и стереотипов.

Начиная с первой половины XVIII века исследования Д. Ло, А. Смита, Ж. Б. Сея, Т. Мальтуса, Дж. С. Милля и других классиков отвергают идею общественного соглашения и предлагают версию генетического происхождения денег, облегчающих обмен. Развитие такого подхода получило в работах К. Менгера, Бем Баверка и др. Основная идея возникновения денег исходит из неудобств прямого товарообмена и возникающих при этом проблем торговли. Выделение товара, который отличался от других большей способностью к сбыту, привело со временем к расширению сферы его использования и стало основой его перевода из товара потребления в товар сохранения ценности. Такая способность товара закрепляется в сознании людей и переходит в привычку.

Интересную гипотезу о некоммерческом происхождении денег выдвинул К. Поланьи (Polanyi, 1966), которые в своем развитии неизбежно прошли стадию специальных денег. Товарный эквивалент (деньги – в его интерпретации) изначально использовались как средство погашения ритуальных обязательств – для обрядов жертвоприношения, рождения, смерти, браков и т. д. В каждом случае в качестве средства платежа использовались определенные эквиваленты, например, скот, металл, камни, рабы и т.п. Поскольку различные ритуалы дифференцировались по своей стоимости, то и эквивалент платежа имел различную ценность. Использование денег «низшего» ритуала для «высших» целей не

допускалось, поскольку это могло девальвировать ценность «высшего» ритуала. В связи с этим различные эквиваленты имели различную ценностную окраску – от «освященных» до «обычных» и «проклятых».

Таким образом, можно предположить, что первые предметы, используемые в качестве платежа, носили не обменный характер, а социальный. По исследованиям антропологов (Леви-Брюль, 1994), обмен вообще появился на более позднем этапе эволюции человечества. Первые процедуры обмена между племенами были, прежде всего, способом установления мирных отношений и первоначально носили характер подарков.

Рациональный же подход сегодня скорее относится не к теории происхождения денег, а к теории построения государственных денежных систем, ибо формы денег становятся результатом соглашений между государствами, а регулирование денежного обращения внутри страны стало полностью прерогативой центральных правительственных учреждений.

4. Заключение

Происхождение денег — это процесс последовательного выдвижения участниками обмена различных форм стоимости товара на роль средства обмена и экспериментального отбора его формы. Процесс возникновения денег инициируется разделением труда и стремлением упростить процедуру и минимизировать издержки обмена.

5. Литература

- Аристотель. Соч. Т. 4. – М.: Мысль, 1984. – С. 156.
Австрийская школа в политической экономии: К. Менгер, Е. Бем-Баверк, Ф. Визер. – М.: Экономика, 1992.
Polanyi K. Dahomey and the slave trade: An analysis of an archaic economy. – Seattle and London: University of Washington Press, 1966.
Леви-Брюль Л. Сверхъестественное в первобытном мышлении. – М.: 1994.

УДК 371 (072)

ДИДАКТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕГРАТИВНОГО ПОДХОДА В ПРОФИЛЬНОМ ОБУЧЕНИИ СТАРШЕКЛАССНИКОВ

А.В. Курвина

Аннотация

Интеграция есть сущностная характеристика системы образования. Она выражена не только во взаимодействии традиций и инноваций, но и во взаимодействии педагогических и социокультурных, социально-политических и экономических факторов развития образовательных систем. Все пространство жизнедеятельности растущего человека является для него образовательно-воспитательной средой. В работе рассматриваются следующие дидактические условия: уровневая дифференциация знаний учащихся в условиях специально организованной проектно-исследовательской деятельности и профессиональное самоопределение старшеклассников в условиях железнодорожного профиля.

Ключевые слова: интегративный подход; профильное обучение; уровневая дифференциация знаний и умений; проектно-исследовательская деятельность учащихся; рефлексивные умения

Введение

Проблема подготовки учащихся в условиях профильного обучения отвечает программе модернизации образования в современных условиях. В соответствии с одобренной Правительством Российской Федерации “Концепцией модернизации российского образования на период до 2010 г.” на старшей ступени общеобразовательной школы предусматривается профильное обучение старшеклассников, ставится задача создания системы специализированной подготовки (профильного обучения) в старших классах общеобразовательной школы, ориентированной на индивидуализацию обучения и социализацию обучающихся.

В нашем исследовании мы опираемся на позиции С.А. Тихомировой, которая выделяет следующие направления интеграции школьного курса физики:

- первое направление предполагает усиление мировоззренческой ориентации курса физики (В.Ф. Ефименко, В.В. Мултановский, В.Н. Мощанский и др.);
- второе направление связано с изучением человека как объекта и субъекта физического познания (Ц.Б. Кац, С.А. Шандаева);
- третье направление предусматривает осуществление связи преподавания физики с предметами эстетического цикла: литературой, живописью, музыкой (В.Я. Лыков, К.Н. Власова, Л.В. Тарасов).

Объектом исследования является образовательный процесс профильного обучения старшеклассников.

Предмет исследования: реализация дидактических условий интегративного подхода обучения старшеклассников железнодорожного профиля.

Гипотеза: обучение старшеклассников в условиях профиля осуществляется наиболее эффективно при соблюдении следующих условий:

- продуктивном функционировании специально организованной проектно-исследовательской деятельности старшеклассников в условиях железнодорожного профиля;
- выявлении уровней сформированности знаний и умений старшеклассников по физике в соответствии с таксономией учебных целей и задач;
- исследовании уровней предметной, внутри и межличностной рефлексии, антиципации в профессиональном самоопределении старшеклассников железнодорожного профиля.

Задачами исследования являются:

1. Обобщение и анализ теоретико-методологических основ феномена интеграции в психолого-педагогической и методической литературе.
2. Рассмотрение дидактических концепций интегративного обучения в педагогике, теории и методики обучения физике.
3. Обоснование профильного обучения старшеклассников в современной образовательной парадигме.
4. Экспериментальное апробирование дидактических условий реализации интегративного подхода в профильном обучении старшеклассников.

1. Теоретико-методологические основания интегративного подхода в современной образовательной парадигме

1.1 Феномен интеграции как педагогическая проблема

В психолого-педагогических науках проблема интеграции имеет свою историю оставаясь актуальной и в настоящее время. Чаще она рассматривается в проблеме организации целостного процесса обучения и реализации межпредметных связей в нем. В трудах В.С. Шублинского, В.И. Безруковой, П.К. Кулагиной, Т.Ф. Федорец, А.Н. Федорова и др. отражена теоретико-методологическая сторона интеграционных тенденций в педагогике; в работах М.В. Богуславского, К.Н. Соколова, Г.Ф. Суворовой – комплексная система обучения, у Н.С. Антонова, В.Р. Ильченко, В.Н. Максимовой – межпредметные связи. В нашем исследовании мы придерживаемся принципа интегративности

В.А. Слостенина: интегративность – междисциплинарная кооперация учебных предметов и научных исследований, содержательное и структурно функциональное единство учебного процесса (Слостенин В.А. и др. 1997). Кроме того, реализация принципа интегративности должна обеспечивать целостность личности, целостность ее знания, деятельности в постижении целостности, системности изучаемых объектов, явлений и процессов (Казанцев С.Я. и др., 2002).

1.2. Теоретико-методологические основы интегративно-педагогических концепций.

Общетеоретические проблемы интеграции нашли отражение в трудах Б.М. Кедрова, В.П. Кузьмина, В.А. Лекторского, Н.Н. Моисеева, А.И. Ракитова, О.М. Сичивицы, В.С. Степина, А.Д. Урсула, Ю.А. Шрейдера, М.Г. Чепикова, В.С. Швырева, Б.Г. Юдина, и др. Большой вклад в развитие интегративных идей внесли ученые, раскрывающие вопросы интеграции знаний в отдельных научных отраслях или в группе наук (Б.Г. Ананьев, Г.Д. Гачев, Б.Ф. Ломов, И.Т. Фролов), человековедение, гуманитарные дисциплины (Н.Т. Абрамова, О.М. Волосевич, В.И. Иванов, В.И. Сифаров, О.Д. Симоненко, К.Н. Суханов, В.В. Чешев, Г.С. Шеменев и др.), техникосзнание, взаимосвязь общественных и технических дисциплин, взаимосвязь естественных и технических наук. Философами, социологами и психологами решались проблемы интеграции философии и педагогики (Л.М. Андриухина, Л.А. Беляева, А.С. Белкин, А.П. Ветошкин, Н.В. Гусева, М.С. Каган, Л.Н. Коган, В.П. Куликов, В.А. Разумный, К.А. Шварцман) и интеграции психологии и педагогики (Э.Ф. Зеер, В.П. Зинченко, Г.С. Костюк, А.В. Петровский и др.).

Современные исследователи выделяют ряд интегративно-педагогических концепций. К ним относятся концепции, которые своим предметом имеют интеграционные процессы, что находит отражение в их названиях: концепция внутрипредметной интеграции педагогического знания (В.И. Загвязинский); концепция интегративной картины образования (Г.Н. Сериков); концепция синтеза дидактических систем (Л.А. Артемьева, В.В. Гаврилюц, М.И. Махмутов); концепция интеграции общего и профессионального образования (М.А. Борулава, Ю.С. Тюнников); концепция интегрирования содержания начального профессионального образования (Л.Д. Федотова); концепция интеграции и дифференциации форм организации обучения (И.Г. Ибрагимов) и др.

1.3. Интегративный подход в условиях профильного обучения

В новой парадигме образования наметился курс на «культурологический подход», предусматривающий взаимосвязь и взаимопроникновение учебных предметов. Такой подход можно назвать целостно интегрированным. Учебные предметы рассматриваются не как отдельные, изолированные области знания, а интегрируются в единые циклы, блоки, связываются единой целевой направленностью и преподаются на единых методических принципах. На практике это означает необходимость освоения принципов и методов обучения. При этом следует различать принцип межпредметных связей от принципа интеграции в образовании. Межпредметная связь понимается как соотношение информации в различных учебных предметах, по внешнему формальному признаку, как горизонтальное механическое сложение информации, знаний и представлений о мире.

Выделяют два уровня интеграции. Внутрипредметную, когда отдельный предмет преподается на интегрированной основе, и межпредметную интеграцию как целостную дидактическую систему со своими принципами и методами, с более высоким уровнем сложности, со своими особыми функциями, которые принципиально не могут быть осуществлены на уровне внутрипредметной интеграции. Межпредметная интеграция использует предметную систему обучения в качестве функционального основания в процессе интегрирования: переструктурируется материал действующих программ, из которых берется изначально учебный материал и преобразовывается в новую структурную единицу – межпредметные содержательные блоки.

1.4 Дидактические условия реализации интегративного обучения старшеклассников

Проблема «условий» сравнительно часто изучается в педагогических исследованиях. Спектр исследуемых условий достаточно широк. Как показал анализ диссертационных исследований, все авторы в методологическом отношении, как правило, опираются на известное положение системного анализа о том, что система не может функционировать и развиваться без необходимых условий, совокупность которых называют средой системы. Под профильным обучением понимается система, где учитывается дифференциация и индивидуализация обучения, когда за счет изменений в структуре, содержании и организации образовательного процесса создаются условия для образования старшеклассников в соответствии с их интересами и намерениями. Авторы также придерживаются мнения отечественных исследователей (Ю.К. Бабанский, А.С. Белкин, Г.И. Вергелес,

М.Е. Дуранов, Ю.П. Сокольников, Н.К. Чапаев и другие), которые отмечают, что всякая педагогическая система может успешно функционировать только при соблюдении соответствующих условий (Белкин А.С., 1998; Концепция структуры...).

Наше исследование связано с изучением дидактических условий реализации интегративного подхода к профильному обучению старшеклассников.

2. Организация этапов реализации интегративного подхода в условиях профильного обучения

Задачами экспериментальной части исследования являются:

- исследование степени обученности учащихся в условиях профильного обучения;
- проведение опытно-экспериментальной работы по реализации проектно-исследовательской деятельности старшеклассников;
- определение показателей сформированности рефлексивных умений школьников в процессе обучения;
- разработка критериев и показателей эффективности использования выбранных методик исследования;
- оценка результатов опытно-экспериментальной работы.

Наше исследование связано с изучением дидактических условий реализации интегративного подхода к профильному обучению старшеклассников.

2.1. Опытно-экспериментальная работа по реализации проектно-исследовательской деятельности учащихся

Для определения уровня развития целеполагания учащимся предлагалось тестовое задание. Анализ уровня развития целеполагания показал, что учащиеся экспериментальной группы (ЭГ) значительно лучше ставили конкретные реальные цели, аргументировали условия, способствующие их достижению, выявляли причины, препятствующие этому, самостоятельно составляли программу достижения цели. В результате чего высокого уровня развития целеполагания достигли 80,1% учащихся ЭГ и только 38,1% учащихся контрольной группы (КГ), различия статистически достоверны (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. Уровни сформированности целеполагания в экспериментальной и контрольной группах (%)

Уровни	Группы	P=0,05	
--------	--------	--------	--

	ЭГ	КГ		
Высокий	80,1	38,1	<0,05	$t_{\varphi} = 3,5$
Средний	13,7	43,2	<0,05	
Низкий	6,2	18,7	>0,05	

Результаты проведенного исследования выявили положительную тенденцию к формированию способности целеполагания у учащихся ЭГ.

2.2. Исследование уровневой дифференциации обучения учащихся (на примере железнодорожного профиля)

Профильное образование как форма организации углубленного обучения неразрывно связана с выходом на развивающее индивидуально-ориентированное обучение. В контексте технологизации образования это понимается как многоуровневое планирование результатов обучения.

Отсюда, профильное обучение с дополнительной уровневой дифференциацией является средством достижения многоуровневых результатов обучения (Гузеев В.В., 2001).

Эксперимент выявил необходимость поиска условий, оптимизирующих процесс интегративного обучения старшеклассников.

ТАБЛИЦА 2. Коэффициенты усвоения знаний

Этапы эксперимента	Коэффициент усвоения знаний				
	1 уровень	2 уровень	3 уровень	4уровень	Обобщенный
I	0,81	0,68	0,53	0,27	0,47
II	0,98	0,91	0,76	0,42	0,65

Срезовые контрольные работы нами составлялись по уровням усвоения знаний. Уровневые модели усвоения знаний у многочисленных авторов трактуются по-разному (Симонов В.П., 1999).

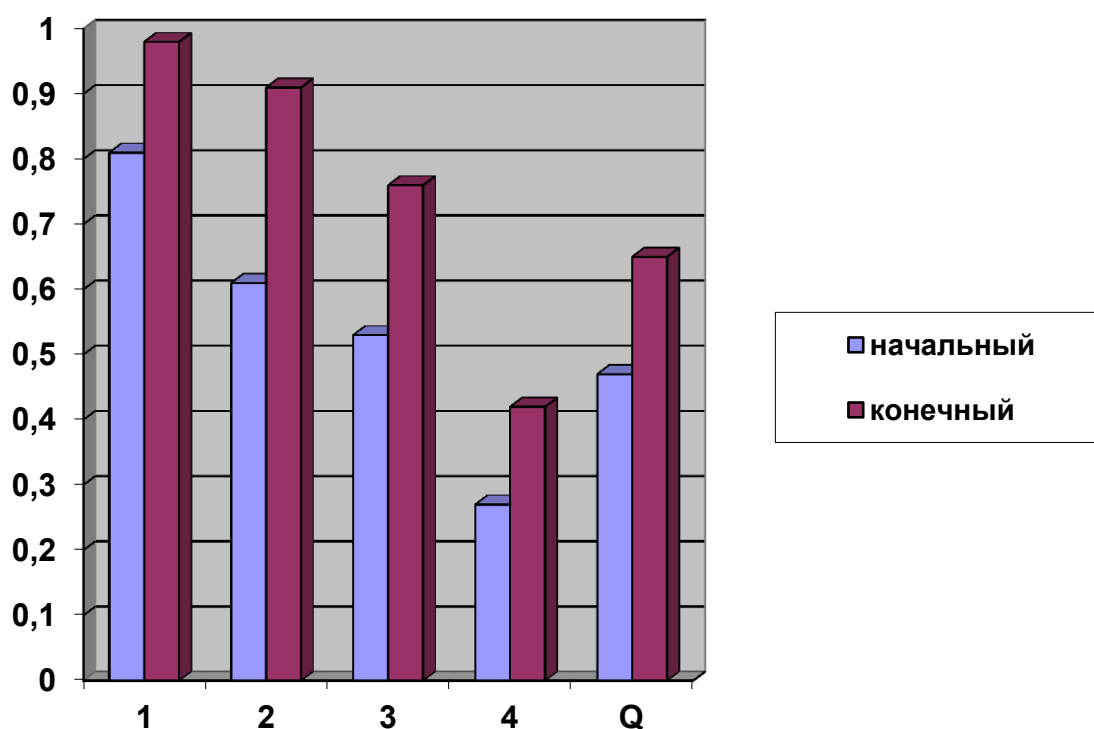
ТАБЛИЦА 3. Эффективность обучения учащихся в железнодорожном профиле

Уровень усвоения	1	2	3	4	Обобщенный коэффициент эффективности
Коэффициент	1,21	1,34	1,43	1,56	1,39

эффективности					
---------------	--	--	--	--	--

Как показывает эксперимент коэффициент эффективности обучения в железнодорожном профиле (1,21; 1,34; 1,43; 1,56) на конечном этапе эксперимента растет от первого к четвертому уровню. Соотношение этих коэффициентов представлено на диаграмме 1.

ДИАГРАММА 1. Коэффициенты результативности обучения



Таким образом, есть основания утверждать, что результаты обучения на конечном этапе эксперимента выше, чем на начальном.

2.3. Критерии и показатели эффективности профессионального самоопределения старшеклассников в железнодорожном профиле

Развитию и оценке рефлексивных умений посвящены работы И.Н. Семенова, С.Ю. Степанова, Ю.Н. Кулюткина, Г.С. Сухобской, А.К. Марковой, С.Д. Неверковича и др.

В результате экспериментального исследования нами было выделено 3 уровня сформированности рефлексивных умений учащихся 11 класса железнодорожного профиля: высокий, средний, низкий. По результатам проведенного тестирования были скомплектованы равные по уровню контрольная и экспериментальная группы.

Анализ результатов предварительного тестирования показал, что статистически значимых различий между группами не наблюдалось.

ТАБЛИЦА 4. Показатели сформированности рефлексивных умений учащихся в ЭГ и КГ в конце эксперимента (%)

Виды рефлексии Уровни рефлексии	Высокий		Средний		Низкий	
	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ	ЭГ	КГ
Предметная	56,3	13,7	33,9	54,5	9,8	31,8
Межличностная	87,5	18,6	12,5	70,1	–	11,3
(\bar{X})	67,0	13,8				

3. Заключение

Проведенное опытно-экспериментальное исследование подтвердило достоверность выдвинутой гипотезы и задач, поставленных в исследовании.

Литература:

- Педагогика /Сластенин В.А., Исаев И.Ф., Мщенко А.И., Шиянов Е.Н. – М., 1997.
Казанцев С.Я., Казанцева Л.А. Фундаментализация обучения в вузе как основа повышения его качества. // Педагогическое образование и наука. 2002. № 5.
Белкин А.С. Витакенное обучение с голографическим методом проекций // Школьные технологии. 1998, №3.
Концепция структуры и содержания общего среднего образования в 12-летней школе.
Гузев В.В. Планирование результатов образования и образовательные технологии. – М.: Народное образование, 2001. – С. 42-44, 57.
Симонов В.П. Диагностика степени обученности учащихся. Учебно-справочное пособие. М.: МПА, 1999.
Кыверялг А.А. Вопросы методики педагогических исследований. Ч.2. – Таллин: Валгус, 1971. – 227с.
Данилюк А.Я. Учебный предмет как интегрированная система // Педагогика. 1997. №4. – С.24-28.
Колесникова И.А. Педагогические проблемы интеграции в образовании. Проблемы интеграции в естественно научном образовании. Часть 2. – СПб., 1994.

УДК 87

СУЩНОСТЬ ЭТИЧЕСКОГО ИДЕАЛА

Л. Д. Минкинен

Аннотация

Проблема морали – одна из фундаментальных философских проблем, которая не теряет своей актуальности с течением времени. Данная работа представляет собой попытку показать диалектическую природу морали, единство субъективных и объективных факторов влияющих на определение добра и зла, исходя из материалистических принципов. Также автор пытается проследить все этапы развития этического идеала, начиная с момента его формирования и заканчивая его разрушением в результате развития имеющихся внутри идеала противоречий.

Ключевые слова: мораль, нравственность, ценность, диалектический метод, этический идеал, синергетика, тезаурус, селектор, детектор.

Введение

Проблема соотношения морального и аморального волнует не одно поколение мыслителей, независимо от их узкой специализации. Не смотря на многочисленные исследования, вопрос о соотношении добра и зла остается до конца не решенным, а актуальность его ни сколько не ослабевает, а наоборот возрастает с каждым днем. Сегодняшняя ситуация в мире позволяет сформулировать многие «вечные» вопросы по-новому, в полной мере это касается этической проблематики. В связи с общей тенденцией глобализации, происходит усложнение взаимоотношений между различными этическими категориями, появляются новые направления в этической философии, например в последнее время в моду входит этика ненасилия (Гусейнов А.А., 2003).

1. Онтологические основания этического идеала

Мораль развивается не случайно, а имеет свои закономерности, связанные с развитием общества. Морально-нравственные нормы нельзя рассматривать в отрыве от их носителя. Не существует абсолютной, одинаковой для всех морали, так же, как не существует индивидуальной морали, присущей каждому конкретному человеку. Нет ни всеобщей, абсолютной морали, ни индивидуальной. Человек – существо социальное и, следовательно, сознание – феномен социальный. В государственном обществе мораль развивается в рамках классовых противоположностей, т. к. при выработке нравственных норм, человек опирается, в первую очередь, на практические, экономические отношения. Как и все формы общественного сознания, мораль является, прежде всего, *отражением бытия*. Отсюда разные моральные нормы у разных классов, социальных групп, людей живущих в разных обстоятельствах. Добро и зло, нравственное и безнравственное не существуют сами по себе, безотносительно действия, поскольку мораль – это не только сфера духовного, моральным или аморальным может быть только поступок. Так как объективным основанием всякой морали является бытие, оно

обеспечивает устойчивость нравственных норм. По сравнению с правовыми нормами, моральные являются более консервативными и часто не совпадают с первыми. Нет абсолютных, действующих для всех времен и народов моральных норм, но в определенной общественно-экономической формации, цивилизации единство бытия, единство экономической жизни определяет единство и устойчивость ценностей и нравственных норм. Единство бытия детерминирует единую систему табу, единые ритуалы, традиции, язык и, конечно, единые, воспроизводящиеся во всех своих изменениях ценностные ориентации и моральные нормы. Эти нормы никогда не бывают абстрактными, всегда опираются на принцип относительности конкретного: врага убить – благо, друга – зло. Объективные законы человеческого общежития невозможно изменить никакими заповедями, уставами, моральными кодексами. Однако почему же так долго живут сами заповеди? Видимо потому, что они отражают объективную потребность в такого рода поведении людей друг относительно друга. Постулирование возможности такого общественного бытия оспаривается как утопическая коммунистическая идея.

2. Гносеологические основания этического идеала

Человек отличается от остальных природных существ тем, что способен к волевой саморегуляции поведения, т. е. человек обладает определенной свободой в выборе ценностных установок. В этом смысле проблема морали связана с проблемой свободы личности, ибо мы можем дать нравственную оценку поступку только в том случае, если он был совершен в условиях свободного выбора. Энгельс в свое время определил свободу как «свободу действий в соответствии с познанной необходимостью» (Маркс К., Энгельс Ф., 1955). Мир является результатом диалектического единства свободы и необходимости. Человек может быть свободным только тогда, когда познал относительную необходимость объективной реальности, предоставляющей человеку варианты выбора. Осознанный выбор имеет гораздо более высокую нравственную оценку, чем выбор необходимый, не зависящий от свободной воли выбирающего субъекта. Чем свободнее человек, совершающий добрый или злой поступок, тем большую нравственную ценность этот поступок имеет. Имея представление об окружающей его реальности и о возможном ходе развития событий в результате своего действия, человек склоняется к добру или злу, ориентируясь на свои ценностные установки. Это значит, что свобода имеет и «объективное основание – вероятность процессов, и субъективное – степень познания, его истинность, умение управлять данными процессами» (Огородников В., 1997). Акт осуществления свободы амбивалентен, как и любое человеческое действие

– объективным его основанием является наличие множества тенденций – путей, субъективным – знание этих путей и их оценка в отношении принятых норм деятельности – нравственная и правовая. Важно одно – действие должно сопровождаться знанием того, какие последствия оно будет иметь. Только в этом случае можно говорить об осознанном выборе. Истина сама по себе аксиологически нейтральна, оценивать как добрые или злые можно только поступки человека, т.е. применение истинных знаний на практике. И, следовательно, критерием морали, также как и критерием истины выступает практика. Свободный выбор является условием объективности моральной оценки. Оценивая поступок, необходимо учитывать множество моментов, начиная от замысла и заканчивая полученным результатом. Природа «морального» как таковая не имеет единого основания и должна рассматриваться не только как субъективная оценка, но и как объективное событие. Обладая некой истиной, человек может использовать ее как на благо, так и во вред. Давая нравственную оценку поступку с точки зрения добра или зла необходим диалектический подход, единство субъективных и объективных факторов (степень владения информацией, намерения, целесообразность действий, принадлежность к определенной культуре и классу, к определенной системе ценностей и т. д.). Человек может делать осознанный выбор в пользу добра или зла только в том случае, если обладает адекватной информацией и действует целесообразно.

3. Аксиологические основания морали

Идеал – то, что лежит в основе системы ценностей данной культуры на конкретном этапе ее развития. Кант определял его как «представление о единичной сущности, адекватной какой-либо идее» (Кант И., 1966). Идеал порождает канон, который реализуется с помощью ритуала. В результате мы получаем какую-то идеологическую систему, которая реализуется через идеологический культ. Именно реализация идеала определяет всю систему ценностей конкретного общества в определенный момент времени. На каждом этапе развития культуры мы можем обнаружить свой идеал, определяющий как специфические черты культуры, так и направление ее дальнейшего развития. Идеал не является отражением объективной реальности, наоборот – он соответствует тому, какой она должна быть согласно нашему желанию, идеал можно определить как точное представление о желаемом изменении реальности (Ильин В.В., Юлдашев Л.Г., 2003). Всю историю человеческой деятельности можно рассматривать как зарождение, развитие, деградацию и смену различных идеалов. Развитие любого идеала, в том числе и этического, включает в себя следующие моменты: формирование идеала, связанное с познанием

истины и ее модификацией, т.е. деформацией с намерением изменить мир; распространение идеала; его реализация; и, наконец, крушение. В результате мы получаем «диалектическую спираль» в ходе смены поколений в процессе формирования и развития идеалов (Бранский В.П., Пожарский С.Д., 2002). Каждому идеалу соответствует конкретный канон, который в свою очередь порождает соответствующий ритуал – идеологический культ. Формы его могут быть самыми разнообразными: от всевозможных парадов до публичных казней и транспарантов. Все эти на первый взгляд излишние действия и атрибуты служат средством воспитания и укрепления в массах веры в идеал. Потому как, существует он именно благодаря вере, которая заменяет ему доказательства. Существование идеала невозможно без жертвы. Она является мерой веры в идеал: чем больше вера, тем на большие жертвы готов пойти ради нее человек. Т.о. конкретному идеалу соответствует конкретная мораль, которая определяет масштабы жертвенности, допустимые в данных условиях. Моральный закон, соответствующий определенному идеалу может быть совершенно неприемлемым с точки зрения другого идеала. Любая теория морали, порождаемая конкретным идеалом, определяет, что есть добро и что есть зло, она задает верхнюю и нижнюю границы допустимой для данного идеала жертвы, определяет ее оптимальность.

Анализируя социальную жизнь, можно выделить семь основных видов деятельности: производство материальных благ, экономическая деятельность, политическая, педагогическая, мировоззренческая, художественная, научная и техническая. Все они тесно взаимосвязаны друг с другом и необходимо вытекают одна из другой, начиная с материального производства. Каждому из перечисленных видов деятельности соответствует свой идеал. Этический идеал определяет, что является нравственным или безнравственным для культуры, созданной новым идеалом. Совокупность идеалов образует «стройную самосогласованную систему, которую естественно назвать социальным идеалом». Т.о., многообразие различных форм государственности, концепций морали, теорий воспитания, художественных стилей и направлений является только проявлением многообразия социальных идеалов. Источником идеализации является потребность в преодолении противоречий на конкретном этапе развития общества, что и приводит к разделению “сущего и должного”. В развитом обществе, где уже имеются определенные идеалы, происходит их критический пересмотр и анализ, в результате чего создаются новые. Различные виды идеалов влияют на формирование друг друга. Этический идеал выступает в роли *селектора* при выборе нового эстетического идеала, роль *селектора* по отношению к этическому идеалу выполняют политический идеал. Социальный идеал, в

конечном итоге, порождается существующей до и независимо от него социальной системой, но, так же существует и обратный процесс, т. е., сама эта система является результатом реализации идеала. Реализация любого идеала, устраняя одни противоречия, неизбежно приводит к появлению новых, поэтому любая система ценностей содержит в себе скрытый “порок”, избавиться от которого с помощью самого идеала невозможно. Тогда идеал подвергается некоторому пересмотру. Сначала появляются различные толкования одних и тех же символов веры, различные вариации идеала, которые постепенно становятся самостоятельными идеалами, что приводит к распаду всей системы ценностей. Скрытые противоречия становятся явными, происходит обострение борьбы, общество погружается в состояние кризиса. В данной ситуации постепенно зреет потребность в новом глобальном идеале. Новый идеал также как и предыдущий изначально кажется очищенным от всех внутренних противоречий, но и его ждет впереди подобная судьба. Постоянная смена идеалов и соответствующая переоценка ценностей объясняется с точки зрения закона дифференциации и интеграции идеалов, согласно которому любой идеологический монизм неизбежно сменяется со временем идеологическим плюрализмом, противоречия которого в свою очередь преодолеваются новым монизмом.

4. Заключение

Мораль всегда вырабатывается в практике и обращена к ней. Опираясь на тезис “бытие определяет сознание”, необходимо исследовать каким образом те изменения, что происходят в мире сегодня, влияют на изменение морально нравственных установок. Меняется бытие – изменяются формы практики, некоторые исчезают, появляются новые, вместе с ними меняется система ценностей и оценка человеческих действий, в том числе и нравственная. Вся история этики представляет собой систему сменяющихся идеалов, и способы реализации этих идеалов далеко не всегда принимают мирный характер.

5. Литература

- Гусейнов А.А. Философия. Мораль. Политика. – М. 2003.
Бранский В.П., Пожарский С.Д. Социальная синергетика и акмеология. – СПб, 2002.
Ильин В.В., Юлдашев Л.Г. Современная научная философия: негеоцентрический подход. – М, 2003.
Огородников В.П. Цель, смысл, истина и свобода в жизни человека. – СПб, 1997.
Маркс К., Энгельс Ф. Немецкая идеология // Собр. соч. – М. 1955.
Кант И. Критика способности суждения. Собр. соч. в 6 т. Т. 5. – М. 1966.

УДК 518.12

ОБ АЛГОРИТМЕ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С КВАЗИВОГНУТОЙ ФУНКЦИЕЙ СТОИМОСТИ

Е.Ю. Морозова

Аннотация

Задачи транспортного типа с нелинейной целевой функцией возникают в различных областях экономики, в частности, в задаче минимизации эксплуатационных расходов при организации железнодорожных перевозок (Баушев А.Н. и др., 2004). В статье описан разработанный автором алгоритм решения транспортной задачи с непрерывной квазивогнутой функцией стоимости.

Ключевые слова: глобальная оптимизация; транспортный многогранник; квазивогнутое программирование; метод статистических испытаний

Введение

Задачи минимизации квазивогнутой функции на выпуклом многогранном множестве привлекают внимание широкого круга специалистов (Horst R., 1994), поскольку они служат естественными моделями для ряда оптимизационных задач в экономике. Например, хорошо известно, что затраты на производство, также как и затраты на хранение некоторой продукции являются соответственно вогнутыми функциями от количеств произведенной и хранимой продукции (Zangwill W.L., 1968).

С математической точки зрения эти задачи включают в себя две основные особенности. Во-первых, среди решений такой задачи (если оно существует) обязательно найдется крайняя точка множества допустимых планов задачи, во-вторых, точка локального минимума в этой задаче не обязательно совпадает с точкой глобального минимума. Наиболее популярными подходами к решению задач такого типа в настоящее время являются, с одной стороны, так называемые конические алгоритмы (Уткин С.Л. и др., 1988), с другой стороны, методы ветвей и границ для задач целочисленного программирования (Horst R., 1994).

В (Баушев А.Н. и др., 2004) был предложен эффективный алгоритм минимизации квазивогнутой функции на выпуклом многогранном множестве, основными элементами которого являются алгоритм симплекс-метода для поиска локального минимума, использование метода

статистический испытаний для изучения возможности улучшения текущей точки локального минимума и усечение исходного множества опорными гиперплоскостями к линии уровня целевой функции. Непосредственное применение этого алгоритма для решения задач транспортного типа приводит к принципиальным трудностям, поскольку в результате такого усечения возникает задача, которая уже не является задачей транспортного типа. В настоящей заметке предлагается обобщение этого алгоритма для решения задачи транспортного типа.

1. Математическая модель задачи

1.1. Постановка задачи

Будем рассматривать следующую задачу математического программирования:

$$F(x) \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$M(a,b): \left. \begin{array}{l} x \in \mathbf{R}^{m \times n}, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1, \dots, m, \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1, \dots, n, \\ x_{ij} \geq 0, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \end{array} \right\} \quad (2)$$

где $F(x)$ – непрерывная квазивогнутая функция на пространстве $\mathbf{R}^{m \times n}$ вещественных матриц размера $m \times n$, $a_i > 0, i = 1, \dots, m; b_j > 0, j = 1, \dots, n$.

1.2. Общие замечания

Хорошо известно, что для разрешимости задачи (1)-(2) необходимо и достаточно выполнение условия баланса:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \equiv V, \quad (3)$$

которое гарантирует непустоту допустимого множества (2).

Множество $M(a,b)$ называется *транспортным многогранником* (Емеличев В.А. и др., 1981). Отметим основные свойства этого множества.

Размерность множества $M(a,b)$ равна $\dim M(a,b) = (m-1)(n-1)$. (Напомним, что размерностью выпуклого множества C в линейном пространстве называется размерность линейной оболочки множества $C - C$).

Вектор столбец R^{ij} матрицы ограничений R , у которого единицы стоят в i -й и $m+j$ -й строках, а остальные элементы нули, называется вектором коммуникаций. Тогда систему ограничений (2) можно записать в виде

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R^{ij} x_{ij} = (a,b)^T \quad (4)$$

Ранг матрицы ограничений задачи (1)-(2) равен, очевидно, $m+n-1$, поэтому число положительных компонент любой вершины транспортного многогранника не превышает $m+n-1$.

Вершина транспортного многогранника называется *невырожденной*, если число ее положительных компонент равно $m+n-1$, и *вырожденной* в противном случае. Транспортный многогранник называется *невырожденным*, если все его вершины являются невырожденными, и *вырожденным* в противном случае. В невырожденном транспортном многограннике каждая вершина имеет ровно $mn - (m+n-1) = (m-1)(n-1)$ соседних вершин.

Известен (Емеличев В.А. и др., 1981) критерий принадлежности транспортного многогранника к классу невырожденных многогранников. Пусть $a = (a_1, \dots, a_m)$ – вектор запасов, $b = (b_1, \dots, b_n)$ – вектор потребностей;

$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$; $I \subset \{1, \dots, m\}$; $J \subset \{1, \dots, n\}$. Транспортный многогранник

$M(a,b)$ порядка $m \times n$ является невырожденным тогда и только тогда, когда $\sum_{i \in I} a_i \neq \sum_{j \in J} b_j$ для любых непустых собственных подмножеств

$I \subset \{1, \dots, m\}$; $J \subset \{1, \dots, n\}$.

Зафиксируем систему $B(x)$ из $m+n-1$ линейно независимых векторов коммуникаций, содержащую те столбцы, которым соответствуют положительные компоненты вершины x . Множество $T(a,b,x) = \{(i,j) \mid R^{ij} \in B(x)\}$ называется *базисным множеством вершины x* .

Заметим, что если вершина x вырождена, то ее базисное множество определяется неоднозначно. Любой набор из $m+n-1$ линейно независимых векторов коммуникаций называется базисом транспортного многогранника $M(a,b)$.

Хорошо известно, что критерием базисности плана является невозможность составления замкнутого маршрута (цикла) из коммуникаций, отвечающих положительным компонентам матрицы x .

С геометрической точки зрения процедура улучшения базисного плана в транспортной задаче сводится к переходу от вершины x многогранника $M(a,b)$ к соседней вершине (с меньшим значением целевой функции). Наиболее распространенной реализацией этой процедуры является т.н. *переброска по циклу* (Емеличев В.А. и др., 1981).

Заметим, что метод улучшения имеющегося базисного плана, заключающийся в сравнении значения целевой функции на этом плане и ее значений на соседних вершинах транспортного многогранника применим также и для широкого класса нелинейных функций. В частности, для т.н. квазивогнутых функций.

Функция называется *квазивогнутой*, если для каждого вещественного числа c множество $\{x \in \mathbf{R}^{m \times n} \mid f(x) \geq c\}$ выпукло (Arrow, K.J., 1961).

Хорошо известно, что если квазивогнутая функция достигает минимума на выпуклом многогранном множестве, то среди точек минимума обязательно найдется вершина этого множества, если множество вершин непусто. В соответствии с этим вершина многогранного множества, в которой значение целевой (квазивогнутой) функции не превосходит ее значений в соседних вершинах, называется *точкой локального минимума* целевой функции. Заметим, что нелинейная квазивогнутая функция может иметь много точек локального минимума и основная трудность при решении задачи (1)-(2) заключается в нахождении среди этих точек точки глобального минимума. Описываемый далее алгоритм предполагает использование метода статистических испытаний для решения этой задачи.

2. Описание алгоритма

Предлагаемый алгоритм включает следующие шаги.

1. Нахождение крайней точки в транспортном многограннике (2), которая является точкой локального минимума для функции F . Пусть z^0 – точка локального минимума функции $F(x)$.

2. Использование метода статистических испытаний для поиска точек с меньшим значением функции. Пусть z^c – случайная точка, имеющая равномерное распределение на выпуклой оболочке соседних с точкой z^0 вершин. Рассмотрим луч $h = \{z^t = z^0 + t(z^c - z^0), t \geq 0\}$. Обозначим через w^c точку выхода этого луча из транспортного многогранника. Если

$F(w^c) < F(z^0)$, то испытание считается удачным и переходим к шагу 3. В противном случае возвращаемся к шагу 2.

3. На той грани транспортного многогранника, в которой лежит точка w^c находим крайнюю точку со значением целевой функции, не превосходящим ее значения в точке w^c и возвращаемся к шагу 1, используя найденную точку в качестве начальной.

Процесс останавливается тогда, когда все попытки моделирования точки из шага 2 оказываются неудачными.

Аналогично работе (Баушев А.Н. др., 2004) можно показать, что при неограниченном росте числа испытаний на шаге (2) вероятность обнаружения точки глобального минимума стремится к единице.

4. Пример

Для изучения работы алгоритма и его проверки рассматривалась задача нахождения диаметра многогранника *бистохастических матриц* (многогранник условий задачи о назначениях). Существует два понятия диаметра: с одной стороны, как максимального расстояния $D(M_n)$ между точками множества, и, с другой стороны, как диаметра $D_\Gamma(M_n)$ графа, образованного ребрами многогранника. Вершины многогранника M_n являются *перестановочными матрицами*, т.е. такими матрицами, у которых в каждой строке и столбце имеется ровно одна единица, остальные элементы равны нулю (Емеличев В.А. и др., 1981). Задача нахождения евклидова диаметра $D(M_n)$ может быть сведена к задаче поиска глобального максимума выпуклой функции

$F(x_{ij}, y_{ij}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (x_{ij} - y_{ij})^2}$ на выпуклом многогранном множестве

(Морозова Е.Ю., 2004) и эквивалентна следующей задаче вогнутого программирования:

$$F(x, y) = -\|x - y\| \rightarrow \min, \quad (5)$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, & j = 1, \dots, n, \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, & i = 1, \dots, n, \\ \sum_{i=1}^n y_{ij} = 1, & j = 1, \dots, n, \\ \sum_{i=1}^n y_{ij} = 1, & j = 1, \dots, n, \\ x_{ij} \geq 0, & y_{ij} \geq 0, \end{cases} \quad (6)$$

где $F(x, y)$ – вогнутая функция на пространстве $\mathbf{R}^{2n \times 2n}$ вещественных матриц размера $2n \times 2n$, $\|\cdot\|$ – евклидова норма.

Нетрудно видеть, что $D(M_n) = \sqrt{2n}$, где n – порядок матрицы. При реализации описанного алгоритма для различных размерностей $n \in \{4, \dots, 30\}$ точка глобального минимума (диаметр многогранника) во всех случаях была найдена за одну итерацию, что, очевидно, связано с тем, что $D_T(M_n) = 2$ (Емеличев В.А. и др., 1981).

5. Заключение

В настоящее время алгоритм реализован в пакете MatLab 6.5. Многочисленные тесты показывают эффективность его работы для решения задачи (1)-(2) не очень больших размерностей. Основным недостатком предложенного алгоритма является значительное возрастание машинного времени, необходимого для его работы, при увеличении размерности задачи. Анализ распределения времени работы алгоритма показывает, что наиболее трудоемкой его частью является процедура нахождения всех соседних точек с текущей точкой локального минимума.

6. Литература

- Баушев А.Н., Морозова Е.Ю., Осьминин А.Т. О математической модели минимизации эксплуатационных затрат при организации вагонопотоков. Вестник ПГУПС. 2004. Вып.2. – С.39-43.
- Horst R., Mui L.D., Nast M. Branch-and-bound decomposition approach for solving quasiconvex-concave programs. journal of optimization theory and applications. 1994. Vol.82, № 2, PP.267-293.
- Уткин С.Л., Хачатуров В.Р., Туй Хоанг. О конусных алгоритмах для решения задачи вогнутого программирования и некоторых ее обобщений. – Журнал вычисл. матем. и матем. физики. 1988. Т.28. – С. 992-999.

- Zangwill W.L. Minimum concave cost flows in certain networks. Management Science. 1968. Vol.14, №7, PP.429-450.
- Баушев А.Н., Морозова Е.Ю. Метод статистических испытаний в задаче квазивогнутого программирования. 2004. ОПиПМ. Т.11. Вып.1. – С.34-40.
- Емеличев В.А., Ковалев М.М., Кравцов М.К. Многогранники. Графы. Оптимизация. – М: Наука. 1981.
- Arrow, Kenneth J., and Alian C. Enthoven. Quasi-Concave Programming. Econometrica 1961. Vol.29, pp. 779-800.
- Морозова Е.Ю. Об определении диаметра конечного множества точек в евклидовом пространстве. // Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.: ПГУПС, 2004. – Вып.1. – С.126-130.

УДК 159.9

ПРОБЛЕМА АДАПТАЦИИ ЛИЧНОСТИ В РАМКАХ ГЕШТАЛЬТПСИХОЛОГИИ

Т.И. Попова

Аннотация

Проблема социально-психологической адаптации привлекает внимание в связи с исследованием нарушений взаимодействия человека и окружающей социальной среды. Она разрабатывается в контексте медицинской, педагогической, юридической психологии, а также занимает определенное место в социальной психологии и психологии личности. Вопросы адаптации затронуты практически всеми основными направлениями современной психологической науки, в частности, рассматриваются в рамках гештальтпсихологии.

Ключевые слова: адаптация личности; «антисоциальный» характер адаптации; процесс взаимодействия; психологическая защита; агрессия.

Введение

Повышение интереса к вопросу социально-психологической адаптации в русле социальной психологии обусловлено интенсивными изменениями, происходящими в современном обществе. Проблема адаптации в рамках психологии личности поставила перед каждым отдельно взятым человеком острее психологические задачи, связанные с выживанием в новых условиях. Изменения разных аспектов жизни требуют и серьезных внутренних психологических изменений. Человек оказывается перед выбором – испытывать чувство неудовлетворенности из-за несоответствия между требованиями личности и меняющейся среды,

или пытаться реагировать на новые явления жизни, становиться более гибким, искать новые способы самореализации в условиях продуктивного взаимодействия с социальной средой.

1. Общий подход к вопросу адаптации

Социально-психологическую адаптацию можно охарактеризовать как такое состояние взаимоотношений личности и среды, когда индивид без длительных внешних и внутренних конфликтов продуктивно выполняет свою ведущую деятельность, удовлетворяет свои основные социогенные потребности, в полной мере идет навстречу тем ролевым ожиданиям, которые предъявляет социум, переживает состояния самоутверждения и свободного выражения своих творческих способностей. Это тот социально-психологический процесс, который при благоприятном течении приводит человека к состоянию адаптированности в изменившихся условиях жизнедеятельности.

2. Особенности подхода к вопросу адаптации авторов гештальтпсихологии

Представители гештальтпсихологии берут за основу исследования процесса адаптации конфликт между личностью и обществом.

В частности, Ф. Перлз, П. Гудмэн и др. связывают явление адаптации с потребностями человека. «Когда человек контактирует с потребностями и с обстоятельствами, сразу становится ясно, что реальность – это не что-то застывшее. Она гибкая, она готова к изменениям, и ее можно переделать. Чем спонтаннее человек использует все возможности ориентации и манипуляции, тем более жизнеспособным оказывается изменение».

3. Основные цели гештальтпсихологии

Одна из основных целей гештальтпсихологии – показать, что в организме – прежде, чем он может называться индивидуумом, и в процессе его формирования, – важнейшую роль играют социальные факторы: взаимодействие и адаптация. Поэтому следует рассматривать «общество» в более широком и обычном смысле, как отношения и организации индивидуумов. Тогда именно в этом контексте можно говорить об адаптации как о конфликте между индивидуумом и обществом и называть определенный тип поведения «антисоциальным». В этом же смысле некоторые нравы и ценности общества можно называть «антиличностными».

4. «Антисоциальный» характер адаптации

Представители гештальтпсихологии считают адаптацию человека по сути своей «антиобщественной», если она направлена на разрушение чего-нибудь в нравах, ценностях общества или личности, в обычных условиях для данного времени и места.

Понятие «антисоциальный» авторы направления рассматривают как «агрессивный». Адаптация, по их мнению, предполагает, прежде всего, наличие агрессии, уничтожения как следствие изменения среды, как защитную реакцию на телесное вторжение или опасность. Защитная реакция «холодна», поскольку угроза исходит из внешнего мира. Существование тоже не безболезненно для объекта, как и не существование, не приносящее наслаждения, оно не участвует в завершении поля «организм/среда».

5. «Агрессивный» характер адаптации

Рассматривая адаптацию как «реакцию, являющуюся психологической мерой защиты от внешнего мира, который вносит дискомфорт», следует заключить, что агрессия обязательно должна возникнуть, потому что дискомфорт заключен всегда во внешнем мире, он неминуем в процессе адаптации, но снижение уровня агрессии можно расценивать как достижение благополучного результата процесса адаптации личности.

6. Заключение

Психологические конфликты, возникающие в процессе адаптации индивида к новым условиям существования, играют существенную роль в формировании новых черт характера и в перестройке личности, а их решение представляет собой острую форму развития - происходит смена структуры личности индивида и формирование новых отношений. Конфликтное и агрессивное поведение переводит его участников на качественно новый уровень взаимодействия и групповых интересов, а также сопровождается изменением коммуникативной структуры, ценностной переориентацией, осознанием и формированием новых схем деятельности и взаимоотношений личности со средой.

УДК 338.45:69

МЕТОД ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СТРОИТЕЛЬНЫХ РИСКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДРЯДНЫХ ТОРГОВ

О.А. Третьяков

Аннотация

Риск предприятия – организатора подрядных торгов возможно оценивать как комплексный интегральный показатель при выборе подрядчика. Вероятностный подход к определению строительного риска реализуется при использовании метода интегральной свертки последовательностей действительных чисел. Использование данного метода при экономическом анализе строительных рисков позволяет оценивать достижение целей организатора подрядных торгов на выполнение строительных работ.

Ключевые слова: подрядные торги; строительный риск; интегральная свертка последовательностей действительных чисел; интегральный показатель

Введение

Риск организатора строительного производства представляет собой вероятность потерь или недополучения дохода этой организацией.

1. Анализ существующих методов анализа строительных рисков

Весь комплекс существующих методов оценки риска, использующихся как в области подрядных торгов, так и за пределами данной предметной области, возможно разделить на две основные группы – методы качественного и количественного анализа.

Количественные методы анализа строительных рисков возможно классифицировать 2 способами – по применяемому математическому аппарату и методу представления выходных данных. По применяемому математическому аппарату всю совокупность применяемых методов возможно разбить на методы детерминированные и вероятностные.

К детерминированным методам относятся метод экспертного опроса и расчетно-аналитический способ. Основным недостатком детерминированных методов можно считать получение единственного значения уровня риска вместо диапазона значений, более реально отражающих его вероятностную природу и позволяющих точнее учесть риск на практике.

Вероятностный подход проявляется при использовании статистического метода и метода статистических испытаний (имитационного моделирования). Статистический метод опирается на апостериорную информацию о частоте возникновения рискованных случаев

по подрядной организации в прошлом. Имитационное моделирование предполагает создание стохастических моделей экономических процессов.

2. Показатели технико-экономической оценки строительных рисков

Оценка риска опирается на ряд показателей, отражающих финансово-экономические, технические, организационные и правовые особенности реализации строительного инвестиционного проекта различными участниками. Важную роль при отборе основных показателей, с помощью которых возможно оценивать строительные риски играют «Методические рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования».

3. Метод экономического анализа строительного риска

Перспективной разработкой для оценки риска представляется модификация метода статистического моделирования с применением интегральных сверток чисел и ее применение при решении задачи оценки производственных рисков, связанных с реализацией работ конкретной организацией.

Существо модифицированного метода заключается в последовательном учете случайного характера входных характеристик системы (процесса) с применением детерминированного способа выдачи реализаций, которые представляются в виде условных распределений на каждом шаге алгоритма. Функцию распределения выходной характеристики получают многократным решением интегральной свертки числовых последовательностей, элементами одной из которых являются дискретные значения условных распределений выходной характеристики на соответствующем шаге алгоритма, а элементами другой – вероятности выброса соответствующих этим распределениям реализаций входных характеристик системы (процесса).

4. Разработка и проведение численного эксперимента по оценке строительного риска

Эффективность применения интегральных сверток чисел возрастает при исследовании выходных характеристик систем на хвостах распределений с увеличением числа входных характеристик, а также в тех случаях, когда законы их распределения отличаются от нормального. Данный метод по сравнению с Монте-Карло для получения средних значений функции надежности с приемлемой точностью позволяет снизить объем вычислений на порядок, для получения искомых значений с той же точностью на хвостах объем вычислений можно уменьшить на два-пять порядков.

5. Рекомендации по применению метода экономического анализа строительного риска при проведении подрядных торгов в строительстве

Результаты проведенного численного эксперимента указывают на высокую эффективность получаемой оценки строительного риска, ее применимость при оценке ofert претендентов. Получаемый показатель возможно использовать как наряду с традиционными критериями оценки ofert так и как комплексный экономический показатель.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Асыпкина М.М.	67	Никифорова Г.И.	23
Богдан А.А.	37	Осьминина И.И.	27
Воробьев А.А.	94	Павлов Д.Л.	79
Горлов А.И.	99	Петров С.Д.	158
Груздева О.А.	148	Пиленкова Е.А.	163
Гуцунаев Р.К.	178	Попов Д.Е.	109
Евстафьев А.М.	46	Попова Т.И.	200
Евстифеев М.М.	122	Пудовиков С.А.	103
Илюнин В.А.	128	Пяк Е.А.	142
Кокшаров Ю.А.	7	Рудакова Е.А.	51
Кособокова Е.Н.	11	Русанова Е.В.	172
Котелевский О.А.	17	Селезнев А.В.	116
Крюкова Е.В.	153	Твардовская Н.В.	167
Кукушкина Я.В.	20	Тихомиров С.А.	83
Кулешов А.Ю.	133	Третьяков О.А.	202
Курвина А.В.	181	Хитров А.В.	158

Луговая Е.В.	137	Хрущева Д.С.	34
Малич Ю.Г.	73	Чупарнова С.В.	89
Минкинен Л.Д.	189	Шаговик А.Е.	56
Морозова Е.Ю.	194	Шайтанова И.К.	62

АВТОРЫ СТАТЕЙ

- Асыпкина Марина Муратовна* - аспирант кафедры «Теоретическая механика», конт. телефон (812) 168-82-49
- Богдан Антон Анатольевич* - аспирант кафедры «Электрическая тяга», конт. телефон (812) 168-85-36
- Воробьев Александр Алфеевич* - аспирант кафедры «Технология металлов», конт. телефон (812) 168-81-73
- Горлов Александр Игоревич* - аспирант кафедры «Электрические машины», конт. телефон (812) 168-85-00
- Груздева Ольга Алексеевна* - аспирант кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика», конт. телефон (812) 168-83-18
- Гуцунаев Роман Казбекович* - аспирант кафедры «Экономическая теория», конт. телефон (812) 168-81-23
- Евстафьев Андрей Михайлович* - аспирант кафедры «Электрическая тяга», конт. телефон (812) 168-85-36
- Евстифеев Михаил Михайлович* - аспирант кафедры «Теоретическая механика», конт. телефон (812) 168-82-49
- Илюнин Василий Анатольевич* - аспирант кафедры «Прочность материалов и конструкций», конт. телефон (812) 168-82-34
- Кокшаров Юрий Алексеевич* - аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой», конт. телефон (812) 168-85-25
- Кособокова Елена Николаевна* - аспирант кафедры «Железнодорожные

- станции и узлы»,
конт. телефон (812) 168-83-17
- Котелевский Олег Александрович* - аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой»,
конт. телефон (812) 168-85-25
- Крюкова Елена Владимировна* - аспирант кафедры «Инженерная химия и естествознание»,
конт. телефон (812) 168-86-44
- Кукушкина Яна Васильевна* - аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой»,
конт. телефон (812) 168-85-25
- Кулешов Антон Юрьевич* - аспирант кафедры «Мосты»,
конт. телефон (812) 168-81-71
- Курвина Александра Владимировна* - аспирант кафедры «Высшая математика»,
конт. телефон (812) 168-81-72
- Луговая Елена Владимировна* - аспирант кафедры «Прочность материалов и конструкций», конт. телефон (812) 168-82-34
- Малич Юрий Григорьевич* - аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,
конт. телефон (812) 168-85-79
- Минкинен Людмила Дмитриевна* - аспирант кафедры «Философия»,
конт. телефон (812) 168-85-29
- Морозова Елена Юрьевна* - аспирант кафедры «Прикладная математика», конт. телефон (812) 168-87-73
- Никифорова Гузель Исламовна* - аспирант кафедры «Логистика и коммерческая работа»,
конт. телефон (812) 168-85-25
- Осьминина Ирина Ивановна* - аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой»,
конт. телефон (812) 168-85-25
- Павлов Дмитрий Леонидович* - аспирант кафедры «Электрическая связь»,
конт. телефон (812) 168-84-90
- Петров Сергей Демидович* - аспирант кафедры «Инженерная химия и

- естествознание»,
конт. телефон (812) 168-86-44
- Пиленкова Екатерина Евгеньевна*** - аспирант кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика»,
конт. телефон (812) 168-83-04
- Попов Дмитрий Евгеньевич*** - аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины»,
конт. телефон (812) 168-87-63
- Попова Татьяна Игоревна*** - аспирант кафедры «Прикладная психология и социология», конт. телефон (812) 168-89-70
- Пудовиков Сергей Александрович*** - аспирант кафедры «Методы и приборы неразрушающего контроля»,
конт. телефон (812) 168-87-02
- Пяк Евгений Аркадьевич*** - аспирант кафедры «Прикладная математика», конт. телефон (812) 168-87-73
- Рудакова Екатерина Александровна*** - аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», конт. телефон (812) 168-85-21
- Русанова Екатерина Владимировна*** - аспирант кафедры «Инженерная химия и естествознание»,
конт. телефон (812) 168-86-44
- Селезнев Алексей Викторович*** - аспирант кафедры «Железнодорожный путь», конт. телефон (812) 168-84-84
- Твардовская Надежда Владимировна*** - аспирант кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика»,
конт. телефон (812) 168-83-18
- Тихомиров Сергей Александрович*** - аспирант кафедры «Электрическая связь»,
конт. телефон (812) 168-84-90
- Третьяков Олег Александрович*** - аспирант кафедры «Экономика и организация строительства»,
конт. телефон (812) 168-89-27
- Хитров Анатолий Владимирович*** - докторант кафедры «Инженерная химия и естествознание»,
конт. телефон (812) 168-86-44

- Хрущева Дарья Сергеевна* - аспирант кафедры «Высшая математика»,
конт. телефон (812) 168-81-72
- Чупарнова Светлана Валерьевна* - аспирант кафедры «Электроснабжение
железных дорог»,
конт. телефон (812) 168-83-16
- Шаговик Андрей Евгеньевич* - аспирант кафедры «Электроснабжение
железных дорог»,
конт. телефон (812) 168-83-16
- Шайтанова Ирина Константиновна* - аспирант кафедры «Вагоны и вагонное
хозяйство», конт. телефон (812) 168-85-21