

ИЗВЕСТИЯ

ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ



ВЫПУСК 3

Санкт-Петербург
2005

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ
СООБЩЕНИЯ



PETERSBURG STATE
TRANSPORT UNIVERSITY

ИЗВЕСТИЯ ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Proceedings of Petersburg Transport University

Выпуск 3 (5)

Санкт-Петербург
2005

УДК 378:001.5
ББК 74.58

Известия Петербургского университета путей сообщения. – СПб.:
Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2005. – Вып. 3(5). – 127 с.

ISSN 1815-588X

Рассмотрены состояние и перспективы развития железнодорожного транспорта, а также вопросы, связанные с улучшением его работы в современных условиях.

Рассчитан на инженерно-технический персонал транспортной отрасли, научно-педагогических работников высших учебных заведений, докторантов, аспирантов и студентов.

УДК 378: 001.5
ББК 74.58

Главный редактор журнала
заслуженный работник транспорта Российской Федерации
д-р техн. наук, профессор **В.И. Ковалев**

Редакционная коллегия: д-р техн. наук **Л.С. Блажко**,
д-р техн. наук **М.Н. Василенко**, д-р техн. наук **А.В. Индейкин**,
д-р техн. наук **А.В. Плакс**, д-р техн. наук **В.В. Сапожников** (заместитель
главного редактора), д-р экон. наук **Л.Ф., Е.А. Аникевич** (ответственный
секретарь)

Издаётся с 1883 г.
Возобновлено в 2004 г.
Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-588X

© Петербургский государственный университет
путей сообщения, 2005

СОДЕРЖАНИЕ

Подвижной состав	
Усреднение скоростных характеристик для расчета длительности потребления тока	
Т.В. Варенцова.....	
Анализ систем охлаждения силовых полупроводниковых преобразователей электровозов	
И.Г. Киселев, А.Б. Буянов, И.В. Митрофанова.....	
Системы питания электромагнитов подвеса экипажа высокоскоростного наземного транспорта	
А.С. Мазнев, Н.А. Черняк, П.И. Федоров	
Транспортное строительство	
Об уравнивании спутниковых и наземных измерений коррелятным способом в плоских координатах для построения мостовых разбивочных сетей	
М.Я. Брынь, А.В. Астапович, П.А. Веселкин, М.Д. Каралис	
Обеспечение надежности и безопасности деревянных зданий , применяемых для строительства в сейсмоактивных районах	
Ж.В. Иванова	
Анализ свободных вертикальных колебаний пролетного строения системы «мост–поезд»	
А.В. Индейкин, М.М. Евстифеев	
ЛИИЖТ–ПГУПС на строительных объектах Ленинграда–Петербурга в 1941–2005г.г.	
Л.И. Корнев	
Недостатки зданий монолитно-каркасной конструкции г. Санкт-Петербурга	
А.В. Кузнецов	
Новое слово в науке о прочности	
В.М. Никитин	
К описанию класса смешанных задач с переменным составом связей	
Н.М. Савкин	
Пенобетон – современный строительный материал	
Н.Э. Султанова	
Метод фильтрации случайных процессов с использованием обобщенной функции регрессии	
В.А. Ходаковский, Д.Г. Бетнев	
Автоматика и телемеханика на железных дорогах. Грузовая работа	
Автоматизация прогнозирования и регистрации движения поездов на АРМ поездных диспетчеров участков, не оборудованных системами диспетчерского контроля или диспетчерской централизации	
Г.М. Грошев, Д.В. Миронов	
Известия Петербургского университета путей сообщения	2005/3

Принципы построения автоматизированной системы проведения верификации программного обеспечения

А.А. Корниенко, М.А. Еремеев, М.Л. Глухарев

Применение отраслевого формата технической документации на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики для интеграции приложений

Д.В. Седых, С.А. Суханов.....

Совершенствование учебного процесса

Модель движения зоны превращения в сплавах с эффектом памяти формы

А.Н. Бестужева, Л.Ф. Вьюненко

Исследование резонанса в системе с одной степенью свободы при переменной амплитуде гармонического возмущения

В.С. Доев, Ф.А. Доронин

Динамический расчет многослойного грунтового массива на основе конечно-элементной модели

В.С. Доев, Ф.А. Доронин, А.В. Индейкин, А.С. Ткаченко.....

Применение метода осреднения в задаче о вынужденных колебаниях

А.А. Ермошин.....

Экономика и социальное управление

Особенности определения потребности и планирование уровня запасов материальных ресурсов на железнодорожном транспорте

М.Н. Витченко

Об одной математической модели управления устойчивым уровнем капиталовооруженности ОАО «РЖД»

В.В. Гарбарук, П.В. Герасименко, А.Е. Красковский, В.А. Ходаковский.....

Консолидация расходов железной дороги

В.В. Градобоев, В.Г. Карчик, Е.А. Котова, О.А. Симакова

Фактор риска и неопределенности информации при оценке эффективности проектов

М.И. Жолобов, Е.С. Свинцов

К проблеме экономической безопасности железнодорожного транспорта

А.А. Краснощек

Проблемы внутренних экономических взаимоотношений на железнодорожном транспорте

Ж.В. Михайлова

Совершенствование тарифов в пригородном пассажирском движении

Л.Г. Прохорова

Повышение конкурентоспособности ОАО «РЖД» путем применения гибких тарифов

Л.А. Смирнова

Атмосфероохранные мероприятия на железнодорожном транспорте

О.М. Сопина

Авторы статей

Авторский указатель

УСРЕДНЕНИЕ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ РАСЧЕТА ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОКА

Т.В. Варенцова

Аннотация

При использовании существующих методов расчета средних потерь мощности в элементах тяговой сети получают значительные расхождения [2],[4].

Предлагается по результатам обработки скоростемерных лент опытных поездов определить статистические функции для математических ожиданий скоростей движения поездов.

Полученные статистические зависимости позволяют определить усредненные характеристики токов поездов использовать их при расчетах потерь энергии в тяговых сетях.

Ключевые слова: электроснабжение; потери энергии; функция математического ожидания; среднеквадратическое отклонение.

Введение

При расчетах потерь энергии и «условных потерь» в тяговых сетях необходимо определить средние токи, средние потери мощности в элементах тяговой сети. Затем по ним определить средние потери мощности в элементах тяговой сети.

1. Статистическая обработка скоростемерных лент

Статистическая обработка скоростемерных лент проводилась с целью построения усредненной характеристики движения поезда на зоне длиной 300 км и использования её для расчетов потерь энергии в тяговых сетях и температур контактных проводов. Для построения статистических характеристик использованы скоростемерные ленты электровозов ЧС6. Выбраны ленты скоростных поездов массой 1000 тонн, оцифрованы и записаны в ПВЭМ, в пакете программ EXCEL. По ним построены усредненные зависимости скоростей поездов от пути как функции математических ожиданий [3]. Каждое значение этой функции получено из равенства:

$$V_{is} = M \left[V_{is} \right] = \sum_{i=1}^{i=n} V_{is} \cdot p_{is}, \quad (1)$$

где V_{is} – значение i -той реализации скорости поезда для фиксированного положения поезда на участке S ;

p_{is} – вероятность появления i -го поезда;

n – число скоростных лент.

Для малого числа реализаций эти значения функции можно получить по формуле:

$$V_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} V_i, \quad (2)$$

Для вычисления среднего разброса и доли этого разброса по отношению к значению скорости вычисляются дисперсия и среднеквадратические отклонения.

Дисперсия скорости равна:

$$D[V_s] = \sum_{i=1}^{i=n} (V_{is} - V_{is})^2 \cdot p_s, \quad (3)$$

или

$$D[V_s] = \frac{1}{n-1} \sum (V_{is} - V_{is})^2. \quad (4)$$

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_s = \sqrt{D_s} \quad (5)$$

Коэффициент вариации характеризует относительное изменение разброса:

$$V = \frac{\sigma_s}{V_{is}} \quad (6)$$

Результаты обработки показали, что значение коэффициента вариации изменяется от 6% до 45 %.

Ширина доверительного интервала для доверительной вероятности $\beta = 0,95$ составляет:

$$\Delta V = V_{BS} - V_{HS}. \quad (7)$$

Верхняя граница доверительного интервала:

$$V_{BS} = V_{MS} + \xi. \quad (8)$$

Нижняя граница доверительного интервала:

$$V_{HS} = V_{MS} - \xi. \quad (9)$$

Среднее отклонение ξ вычислено по формуле:

$$\xi = \frac{\sigma_s}{\sqrt{n}} \Phi^{-1} \cdot \sqrt{2}, \quad (10)$$

где Φ^{-1} – аргумент функции Лапласа при известной доверительной вероятности β .

Построен доверительный интервал для скоростей пассажирских поездов. Ширина доверительного интервала скоростей поездов ЧС6 отнесенная к математическому ожиданию скорости поезда при $\beta = 0,95$ изменяется от 3% до 30 %.

При фиксированных уровнях напряжения в больших пределах будут меняться сила тяги и токопотребление [1].

Длительность токопотребления меняется обратно пропорционально скорости движения поезда. Нагрев проводов контактной сети зависит от величин токов и длительностей их протекания. Полученные

доверительные интервалы для скоростей поездов позволяют сделать грубые оценки разбросов токовых нагрузок в контактной сети и их температур из-за изменения режимов ведения поездов.

2. Заключение

В результате обработки скоростных характеристик определены их разбросы. При фиксированных напряжениях в контактной сети можно определить токи поездов и время их потребления. Эти величины в дальнейшем используются для определения температур и потерь энергии в контактной сети.

Библиографический список

1. **Новиков А.П.** Основы теории вождения поездов – М.: Транспорт. – 1978. – 168 с.
2. **Кузин С.Е.** Методы расчета системы электроснабжения электрических железных дорог. Учебное пособие. Л.:ЛИИЖТ. – 1970. – 96с.
3. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей М.:Наука. – 1969. – 576с.
4. **Марквардт К.Г.** Справочник по электроснабжению железных дорог – М.: Транспорт. – 1980. – 256 с.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

И.Г.Киселев, А.Б.Буянов, И.В.Митрофанова

Аннотация

В процессе эксплуатации транспортных или стационарных полупроводниковых преобразователей (ПП) всегда имеют место потери электрической энергии, приводящие к нагреву силовых полупроводниковых приборов (СПП) или модулей на их основе. Это вызывает необходимость охлаждения элементов ПП с целью обеспечения их нормального теплового режима и повышения надежности. Совершенствование ПП и методов их охлаждения является актуальной задачей и составным звеном совершенствования тягового электрооборудования электровозов в целом.

Ключевые слова: полупроводниковый преобразователь, силовые полупроводниковые приборы; охладитель; система охлаждения

Введение

Статистические исследования причин отказов ПП показывают, что они вызваны в подавляющем большинстве случаев именно тепловыми причинами (Исаев И.П. и др., 1984): из-за чрезмерного нагрева СПП вследствие возросшего внутреннего теплового сопротивления прибора, плохого теплового контакта с охлаждающим устройством при плохом качестве сборки, а чаще всего вследствие недостаточного охлаждения. Так, например, выпрямительная установка ВПБ-6000-V2 тягового агрегата промышленного железнодорожного транспорта ОПЭ-1А имеет по перечисленным причинам 15% отказов об общего числа отказов электрической аппаратуры, которые в свою очередь составляют 40% всех отказов агрегатов в целом (Курасов Д.С. и др., 1984).

1. Одноконтурные системы воздушного охлаждения ПП

На отечественном и зарубежном транспорте наиболее распространены одноконтурные системы воздушного охлаждения ПП для агрегатов малых и средних мощностей, так как они требуют наименьших затрат при изготовлении. При однократном воздушном охлаждении такой ПП становится большим по массе и габаритным размерам, которые фактически определяются охладителями СПП, и при этом требуется значительный расход охлаждающего воздуха, наличие вентиляторов и фильтров для очистки воздуха от пыли. Существенными недостатками таких систем охлаждения являются шум и вибрация от вентиляторов.

Фильтры требуют проведения периодических осмотров, обслуживания и ремонта, т. е. дополнительных эксплуатационных расходов.

Одной из тенденций развития транспортных ПП является переход от мощных СПП таблеточной конструкции (Т353-800, ТБ153-800, ТБ253-1000, Д252-1000 и др.) к полупроводниковым модулям GTO, IGCT и IGBT, что связано со следующими факторами: 1) возможностью резкого снижения числа СПП в ПП; 2) увеличением надежности агрегата вследствие повышения термоциклостойкости СПП; 3) обеспечением двухстороннего охлаждения прибора; 4) снижением контактного теплового сопротивления «СПП-охладитель». Однако такой переход на СПП таблеточной конструкции и модули при сохранении одноконтурной системы воздушного охлаждения происходит на железнодорожном транспорте затруднительно.

2. Двухконтурные масляно-воздушные погружные системы охлаждения ПП

Следующей ступенью развития систем охлаждения СПП явились двухконтурные масляно-воздушные погружные системы охлаждения, позволяющие изолировать СПП от пыли и использовать масло, как охлаждающую и электроизолирующую среду путем герметизации СПП в масляном баке. Высокие диэлектрические свойства масла позволили уменьшить диэлектрические зазоры между элементами ПП до минимума, что благоприятно сказалось на массе и габаритных размерах преобразователей.

Однако, несмотря на множество достоинств двухконтурных масляно-воздушных систем охлаждения, эксплуатация железнодорожным транспортом таких систем за рубежом выявила следующие недостатки: а) наличие опасности воспламенения масла от электрической дуги при авариях; б) трудность герметизации протяженной и разветвленной масляной системы, т.е. наличие подтечек масла; в) расход электроэнергии на привод масляного насоса; г) значительные массогабаритные размеры маслоохладителя; д) накопление статического электричества на электроизоляторах ПП при протекании жидкости, причем его величина линейно зависит от плотности текущей среды; е) оседание конденсата на охлаждающих поверхностях, для исключения которого требуется регулирование температуры масла выше температуры точки росы атмосферного воздуха, что особенно важно в летний период при повышенной влажности.

3. Двухконтурные испарительно-воздушные системы охлаждения ПП

Указанные недостатки определили переход к следующему этапу развития систем охлаждения ПП - к двухконтурному испарительно-воздушному погружному охлаждению с двухфазным промежуточным

теплоносителем. Имела место замена масла фреоном (в основном фреоном 113) с использованием испарительно-конденсационного цикла. Вязкость фреона 113 составляет 5-7% вязкости масла, а электрическая прочность его даже выше (20 кВ/мм). Он невоспламеняем, химически инертен к металлам и керамике, однако воздействует на резину, полимеры и органические вещества при длительном контакте. Преимущества двухконтурных испарительно-воздушных погружных систем охлаждения подтверждают результаты сравнения технических характеристик серийных выпрямительных установок тяговых подстанций электрифицированных железных дорог Японии мощностью 4000 кВт и напряжением 1500 В с двухконтурной масляно-воздушной и испарительно-воздушной системами охлаждения с естественным воздушным охлаждением оребренного бака при наружной установке ПП (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Технические характеристики выпрямительных установок

Показатель	Система охлаждения	
	Масляно-воздушная	Испарительно-воздушная
Относительная площадь поверхности теплообмена	1,0	0,55
Относительный объем	1,0	0,5
Относительная масса	1,0	0,4

К недостаткам двухконтурных испарительно-воздушных погружных систем охлаждения можно отнести конструктивную сложность охлаждающих устройств и повышенную стоимость, а также трудность герметизации погружных устройств из-за большого числа электрических выводов из герметичного бака. Отрицательным фактором является также наличие фреона, применение которого постепенно сокращается.

В настоящее время наиболее перспективным направлением является использование двухконтурных испарительно-воздушных охлаждающих устройств на основе двухфазных термосифонов (ДТС) или тепловых труб (ТТ).

Наибольшие результаты за рубежом в этом направлении получены в ФРГ и Японии (Икаи А. и др., 1979; Мурасэ Т. и др., 1985). Установлено, что удельный массовый показатель (масса преобразовательной установки локомотива, приходящаяся на один силовой полупроводниковый прибор) в 1,4 раза меньше при испарительно-воздушной системе охлаждения на основе ТТ по сравнению с погружной масляно-воздушной системой.

В нашей стране поисковые работы по разработке и исследованию охладителей на основе ДТС для транспорта ведутся в ПГУПС, ОАО «ВЭЛНИИ», ВНИИЖТе и ОАО «Электровыпрямитель». В результате проведения таких работ в ПГУПСе были теоретически обоснованы и

разработаны конструкции ДТС, осуществлены их разносторонние исследования (Киселев И.Г. и др., 2001). Выполнено несколько типов преобразовательных устройств с охладителями ДТС, в том числе для опытных электровозов ВЛ80Т-1499, ВЛ65 и ЭП-200. Применение охладителей на основе ДТС из алюминиевых сплавов позволяет в 2-2,5 раза уменьшить удельные массогабаритные показатели ПП, приходящиеся на один СПП, по сравнению с такими же показателями ПП, имеющего одноконтурную воздушную систему охлаждения с охладителями типа ОА.

Использование силовых полупроводниковых модулей серии IGBT MBN₁₂₀ ДЗЗ и MBN₁₂₀₀ СЗЗ (Япония) в преобразователях вспомогательного электропривода электровоза ВЛ-65 потребовало разработки и изготовления новых компактных и эффективных испарительно-воздушных охладителей. По заказу ОАО «ВЭЛНИИ» для тяжелых условий работы охладителей модулей IGBT внутри кузова электровоза ВЛ-65, где температура охлаждающего воздуха в летнее время достигает +65 °С, была разработана новая конструкция охладителя (Буянов А.Б. и др., 2001) и технология его изготовления в промышленных условиях.

Конструкция охладителя (поз.2-4) с модулем IGBT (поз.1) представлена на рис.1. Испарительно-воздушный охладитель состоит из трех основных деталей: испарителя (поз.2), коллектора (поз.3) и оребренного конденсатора (поз.4). Эти детали из алюминиевого сплава АД31 соединены между собой аргоно-дуговой сваркой. Масса охладителя составляет 4,2 кг, а его габаритные размеры – 197х285х70 мм. Тепловое сопротивление этого охладителя при средней скорости охлаждающего воздуха между ребрами конденсатора равной 6 м/с, его температуре перед охладителем - +65 °С и отводимой мощности тепловых потерь – 1000 Вт составляет всего 0,05 К/Вт.

4. Заключение

Таким образом, применение двухконтурных испарительно-воздушных систем охлаждения на основе эффективных алюминиевых охладителей СПП – двухфазных термосифонов – позволяет решить задачи существенного снижения массы, габаритных размеров, повышения надежности ПП и уменьшения эксплуатационных расходов.

5. Литература

- Исаев И.П., Матвейчев А.П., Козлов Л.Г. Ускоренные испытания и прогнозирование надежности электрооборудования локомотива. – М.:Транспорт.- 1984. – 284с.
- Курасов Д.С. Ремонт подвижного состава промышленного железнодорожного транспорта.- Киев-Донецк: Высш. школа.-1984.- 200с.
- Икаи А., Иман К. Способы охлаждения статических преобразователей // Дэнки гаккиа дзасси. - 1979. т 99. №5. - С.430-436.

Мурасэ Т., Эндо С., Кодзумк Т. Система охлаждения тепловыми трубами «павакикка» для мощных полупроводниковых устройств // Фурукава дэнки дзихо.-1985. №75.- С.115-124.

Киселев И.Г., Буянов А.Б. Расчеты нагрева и охлаждения полупроводниковых преобразовательных установок железнодорожного транспорта. С-Пб, ПГУПС, 2001. -79с.

Буянов А.Б., Киселев И.Г., Тимофеев А.А. и др. Силовой полупроводниковый блок. Патент РФ на полезную модель № 30464.-2001. – 3с.

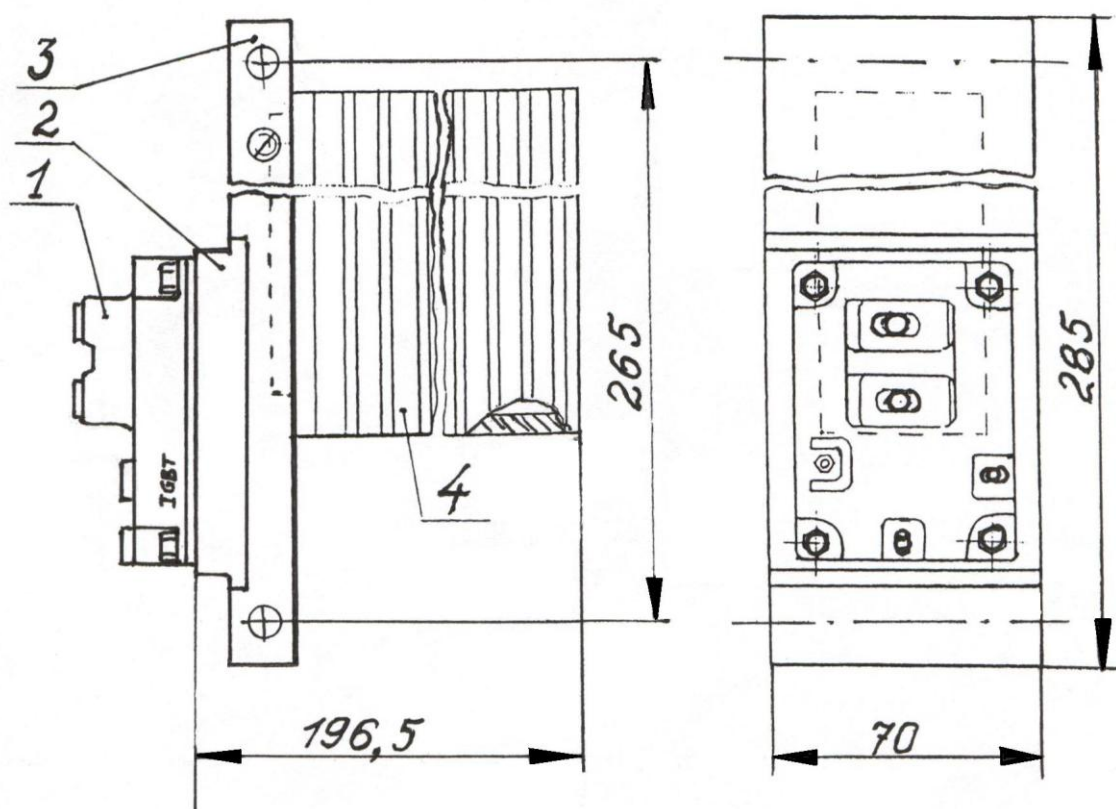


Рис. 1. Конструкция охладителя с модулем IGBT:
1 – модуль IGBT, 2-4 – охладитель, 3 – коллектор, 4 - конденсатор

УДК 629.423.31:621.314.2.6883

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТОВ ПОДВЕСА ЭКИПАЖА НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА.

А.С. Мазнев, Н.А. Черняк. П.И. Федоров

Аннотация

Рассмотрим особенности определения пульсаций токов в системе питания электромагнитов подвеса экипажа над путевой структурой.

Ключевые слова: электромагнит, импульсный регулятор, аккумуляторная батарея, пульсации тока и напряжения.

Введение

Аккумуляторная батарея, размещается на борту экипажа, способна мгновенно вступить в работу при прерываниях питания от тяговой сети. Для поддержания зарядного среднего значения тока обмоток электромагнита в системе регулирования реализуется инверсный режим.

1. Процессы в схеме питания электромагнита.

1.1. Основные допущения. Постановка задачи

Параметры обмотки электромагнита (индуктивность L и сопротивление r) постоянны и не зависят от тока; напряжение U источника питания неизменно. Необходимо определить влияние параметров и режимов регулирования на величину пульсаций тока.

1.2. Схема питания электромагнита

После отпирания управляемых ключей $IP1$ и $IP2$ (рис.1) ток в обмотке возрастает. При запираии одного из ключей ток будет протекать через диод ($VD1$ или $VD2$). Для улучшения динамических свойств системы регулирования интенсивность снижения тока повышается за счет инверторного режима. Алгоритм управления импульсными регуляторами, форма тока и напряжения на обмотках электромагнита приведена на рис.2

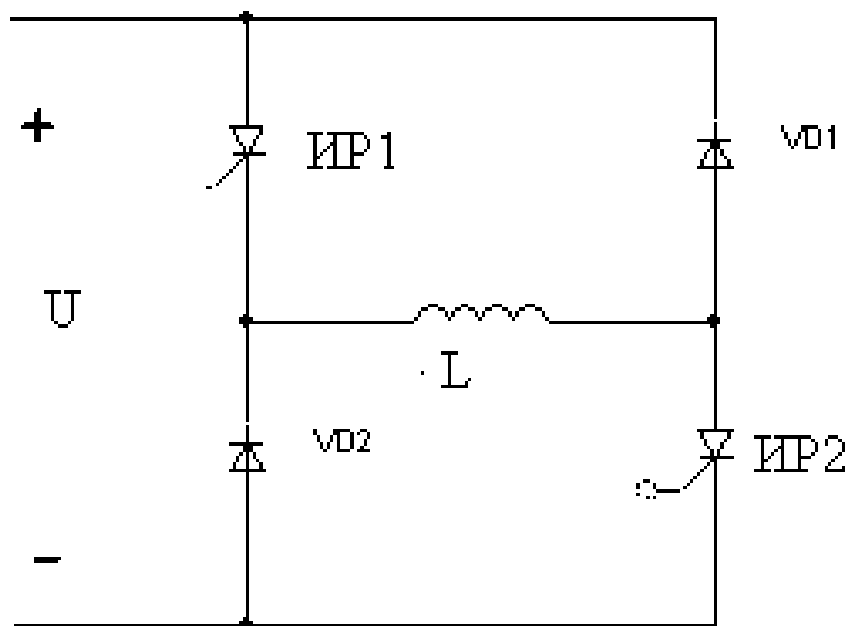


Рис. 1. Схема питания электромагнита

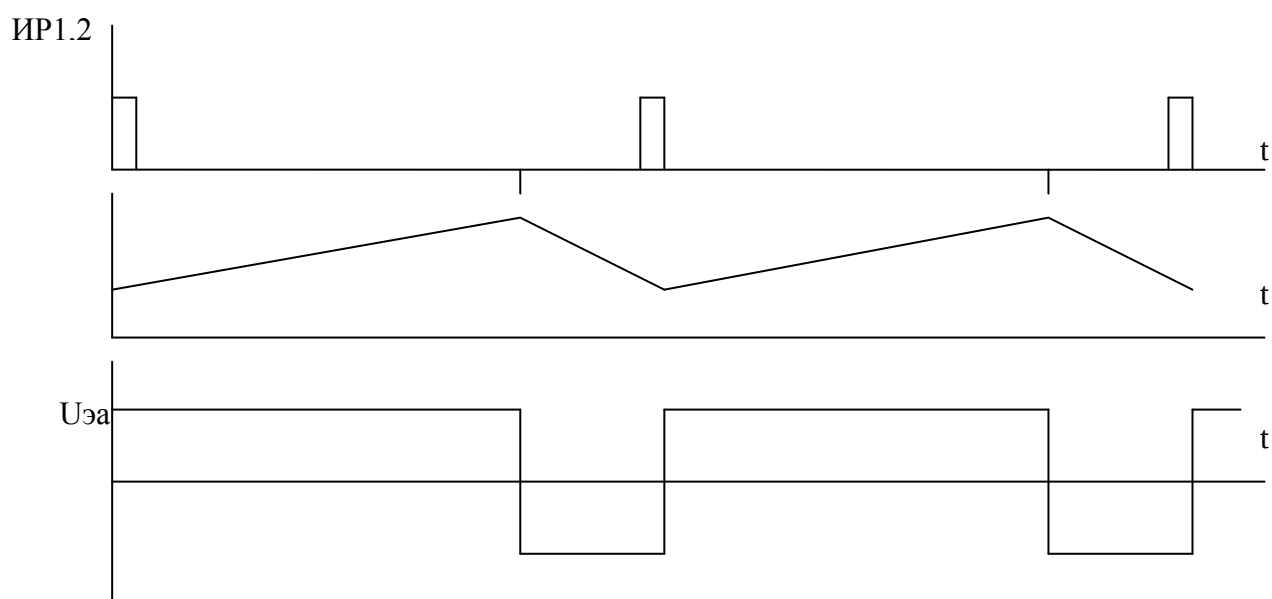


Рис.2. Диаграмма тока и напряжения электромагнита.

1.3. Анализ процессов изменения тока в обмотке

Уравнения изменения тока в интервалах Δt_1 и Δt_2 после открытия и запираания $IP1$ и $IP2$

$$\begin{aligned}
 U &= L \frac{di}{dt} + ir \\
 -U &= L \frac{di}{dt} + ir
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Выражения для определения значений тока $I_{\max}$ и $I_{\min}$ в конце указанных интервалов в квазиустановившемся режиме:

$$I_{\max} = \frac{U}{r} \left(-e^{-\frac{\Delta t_1}{\tau}} \right) + I_{\min} e^{-\frac{\Delta t_1}{\tau}} \quad (2)$$

$$I_{\min} = -\frac{U}{r} \left(-e^{-\frac{\Delta t_2}{\tau}} \right) + I_{\max} e^{-\frac{\Delta t_2}{\tau}} \quad (3)$$

Принимая во внимание, что период регулирования T и постоянная времени τ равны соответственно

$$T = \Delta t_1 + \Delta t_2 ;$$

$$\tau = L/r,$$

И решая совместно уравнения (2) и (3), находим значения $I_{\max}$, $I_{\min}$ и среднюю величину тока электромагнита.

$$I_{cp} = I_y \left[\lambda - 1 \right] + I_y \frac{T}{\tau} \lambda \left[\lambda - 1 \right]; \quad (4)$$

Здесь

$$I_y = \frac{U}{r} - \text{установившийся ток,}$$

$$\lambda = \frac{\Delta t_1}{T} - \text{коэффициент заполнения.}$$

Так как $\tau \gg T$, то

$$I_{cp} = I_y \left[\lambda - 1 \right]$$

Для поддержания тока обмотки электромагнита непрерывным должно соблюдаться условие:

$$0,5 < \lambda < 1 \quad (6)$$

Из выражений (2) и (3) определяют величину пульсаций тока ΔI в обмотке электромагнита.

$$\Delta I = \frac{2U(1-\lambda) \cdot \lambda \cdot T}{L} \quad (7)$$

Средняя величина напряжения на обмотке электромагнита:

$$U_{cp} = U(2\lambda - 1); \quad (8)$$

Тогда

$$U \cdot I_d = U_{cp} \cdot I_{cp} \quad (9)$$

где

I_d - ток, потребляемый от источника.

$$I_d = I_y (2\lambda - 1)^2 \quad (10)$$

1.4. Направления совершенствования систем питания электромагнитов экипажа.

Улучшение массогабаритных показателей можно достичь за счет современных полупроводниковых приборов, либо новых схемных решений (рис.3). Особенность схемы состоит в том, что при включении ИР1 (ИР2) ток потребляется от аккумуляторной батареи АБ1 (АБ2), при включенном ИР1 (ИР2) ток протекает через АБ2 (АБ1) и диод VD1 (VD2). Указанная структура схемы позволяет увеличить число электромагнитов в два раза при том же числе импульсных регуляторов.

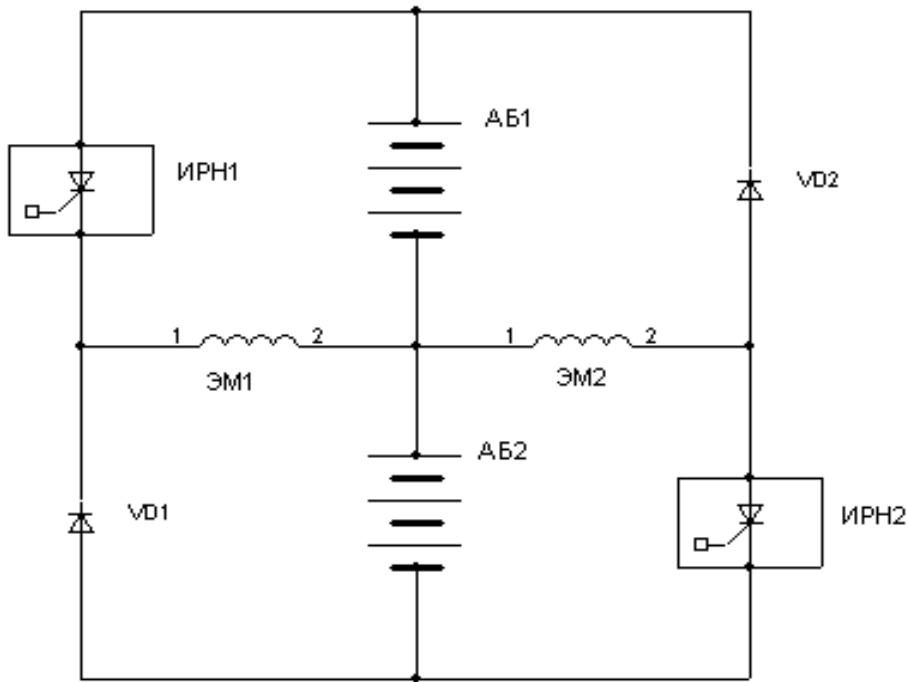


Рис. 3. Система питания с удвоенным числом электромагнитов.

2. Заключение.

Предложены выражения для определения пульсаций тока электромагнитов подвеса экипажей и схемотехническое решение, позволяющее улучшить массогабаритные показатели системы регулирования.

Об уравнивании спутниковых и наземных измерений коррелятным способом в плоских координатах для построения мостовых разбивочных сетей

Брынь М.Я., Астапович А.В., Веселкин П.А., Каралис М.Д.

Аннотация

Приведен вывод условных уравнений поправок, возникающих в плановых наземно-спутниковых сетях, создаваемых для решения задач геодезического обеспечения строительства мостовых переходов. Дан алгоритм уравнивания этих уравнений по методу наименьших квадратов.

Ключевые слова: приращения координат, условные уравнения, уравнивание, коррелятный способ.

Введение

В последние годы наметилась тенденция к усложнению конструкций мостов и эстакад, что предъявляет повышенные требования к точности геодезического обеспечения их строительства, прежде всего, к созданию мостовых разбивочных сетей.

Для построения таких сетей, кроме наземных (угловых, линейных), в последнее время стали использоваться спутниковые измерения. Спутниковый метод координатных определений основан на измерениях по сигналам спутников навигационных систем ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США), выполняемых двумя (и более) наземными приемниками. По результатам измерений с высокой точностью, оцениваемой единицами миллиметров, определяются разности ΔX , ΔY , ΔZ геоцентрических координат между пунктами.

Уравнивание мостовых разбивочных сетей выполняется в плоской прямоугольной системы координат. Поэтому для решения задачи совместного уравнивания спутниковых и наземных измерений в плоских координатах необходимо предварительно спутниковые измерения редуцировать на плоскость в систему координат мостовых переходов [2].

Уравнительные вычисления в последние годы выполняются преимущественно по методу наименьших квадратов параметрическим способом, который позволяет довольно легко автоматизировать процедуру составления уравнений поправок. Тем не менее, использование коррелятного способа также не исключается, особенно для уравнивания сетей с малым числом избыточных измерений. Именно таким числом измерений характеризуются мостовые разбивочные сети. Коррелятный способ чаще всего используется на практике для строгой предварительной оценки проектов

геодезических сетей. По невязкам условных уравнений судят о качестве полевых измерений и во многих случаях устанавливают веса результатов измерений.

Определение числа и вида условных уравнений в геодезических сетях с наземным составом измерений изучено и представлено в геодезической литературе, например, [1, 3]. При использовании же спутниковых измерений возникают новые виды уравнений. Рассмотрим их.

1. Условные уравнения в наземно-спутниковых сетях

Если в геодезической сети выполнены измерения только плоских приращений координат, то для приращений Δx в общем виде полигонные условия будут иметь вид: $\sum_{i \in j} \pm \Delta x_i = 0$ - для замкнутых полигонов;

$\sum_{i \in j} \pm \Delta x_i + x_{\text{нач}} - x_{\text{кон}} = 0$ - для разомкнутых полигонов. Их линеаризация

приводит к условным уравнениям поправок вида $\sum_{i \in j} \pm v_{\Delta x_i} + \omega_j = 0$. Здесь

$\sum_{i \in j} \pm v_{\Delta x_i}$ - сумма поправок приращений, которые входят в данный полигон.

Известно, что невязки ω_j вычисляются путем подстановки результатов измерений в условные уравнения. В нашем случае, полагая, что $\Delta x'_i$ - результаты измерений, невязки будут иметь вид: $\omega_j = \sum_{i \in j} \pm \Delta x'_i$ - для замкну-

тых полигонов, $\omega_j = \sum_{i \in j} \pm \Delta x'_i + x_{\text{нач}} - x_{\text{кон}}$ - для разомкнутых полигонов.

Знак "+" будет в случае совпадения направления хода и полигона, в противном случае будет знак "-".

Аналогичные условные уравнения можно составить для приращений Δy . Таким образом, число полигонных условных уравнений поправок будет равно удвоенному числу избыточно измеренных базисных линий в сети.

Если по стороне спутникового построения измерено и приведено на плоскость расстояние d , то условие будет иметь вид $\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} - d = 0$. Исходя из общих правил составления условных уравнений поправок будем иметь соответствующее условное уравнение $a v_{\Delta x} + b v_{\Delta y} - v_d + \omega = 0$. Здесь

$$a = \frac{\Delta x}{d} = \cos \alpha; \quad b = \frac{\Delta y}{d} = \sin \alpha; \quad \alpha - \text{дирекционный угол.}$$

Если по стороне спутникового построения измерен дирекционный угол, то исходя из требования $\arctg \frac{\Delta x}{\Delta y} - \alpha = 0$ будем иметь следующее условное уравнение поправок

$$av_{\Delta x} + bv_{\Delta y} - v_{\alpha} + \omega = 0, \quad (1)$$

где $a = -\rho'' \frac{\Delta y}{d^2} = -\rho'' \frac{\sin \alpha}{d} = -\rho'' \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\Delta x}$; $b = \rho'' \frac{\Delta x}{d^2} = \rho'' \frac{\cos \alpha}{d} = \rho'' \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\Delta y}$;
 $\rho'' = 206265$.

Представляя измеренный горизонтальный угол как разность дирекционных углов $\beta = \alpha_2 - \alpha_1$ и, пользуясь формулой (1) получим следующее уравнение поправок $a_2 v_{\Delta x_2} + b_2 v_{\Delta y_2} - a_1 v_{\Delta x_1} - b_1 v_{\Delta y_1} - v_{\beta} + \omega = 0$.

Более сложный вид имеют условные уравнения в случае, если традиционные геодезические измерения выполнены не по базисным линиям спутниковой сети. Покажем это на примере сети, приведенной на рис.

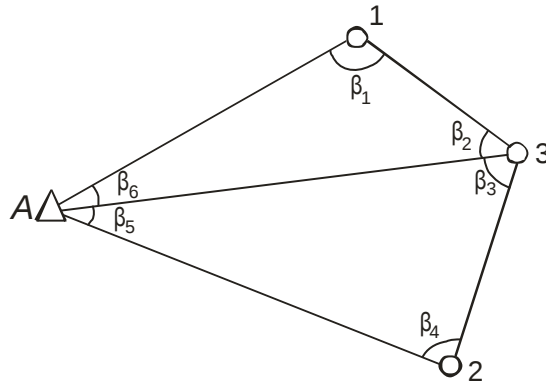


Рис. Схема геодезической сети

Пусть A — исходный пункт, а пункты 1, 2, 3 — определяемые. В сети измерены приращения $\Delta x_1, \Delta y_1$ по линии A-1 и $\Delta x_2, \Delta y_2$ по линии A-2, а также углы $\beta_1 - \beta_6$.

Исходное уравнение связи, аналогичное условию сторон традиционной сети, будет иметь вид

$$\frac{\sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta y_1^2} \sin \beta_1 \sin \beta_3}{\sqrt{\Delta x_2^2 + \Delta y_2^2} \sin \beta_2 \sin \beta_4} - 1 = 0. \quad (2)$$

Соответствующее уравнение поправок запишется следующим образом

$$a_1 v_{\Delta x_1} + b_1 v_{\Delta y_1} - a_2 v_{\Delta x_2} - b_2 v_{\Delta y_2} + \sum_{i=1,3} \operatorname{ctg} \beta_i v_{\beta_i} - \sum_{i=2,4} \operatorname{ctg} \beta_i v_{\beta_i} + \omega = 0.$$

Здесь

$$a_i = \rho'' \frac{\Delta x_i}{d_i^2} = \rho'' \frac{\cos \alpha_i}{d_i} = \rho'' \frac{\cos^2 \alpha_i}{\Delta x_i}; \quad b_i = \rho'' \frac{\Delta y_i}{d_i^2} = \rho'' \frac{\sin \alpha_i}{d_i} = \rho'' \frac{\sin^2 \alpha_i}{\Delta y_i}$$

($i = 1, 2$). Невязка ω выражена в угловой мере и получается путем подстановки результатов измерений в уравнение (2) и умножением полученного значения на ρ'' .

2. Решение уравнений поправок по методу наименьших квадратов

Систему условных уравнений поправок в матричной записи можно записать:

$$AV + W = 0, \quad (3)$$

где A – матрица коэффициентов условных уравнений; V – вектор поправок; W – вектор невязок.

Приведем формулы метода наименьших квадратов для решения системы (3)[3]: $N = AQA^T$; $k = -N^{-1}W$; $V = QA^T k$, где N – матрица коэффициентов нормальных уравнений; Q – обратная весовая матрица измеренного вектора; k – вектор коррелат.

Оценка точности по результатам уравнивания выполняется по формуле $m = \mu\sqrt{q}$, где μ – средняя квадратическая ошибка единицы веса, вы-

числяемая по формуле $\mu = \sqrt{\frac{V^T P V}{r}}$ (P – весовая матрица, $P = Q^{-1}$; r – число избыточных измерений), q – обратный вес оцениваемой величины, являющийся диагональным элементом соответствующей обратной весовой матрицы. Так, обратная весовая матрица вектора уравненных значений измеренных величин $Q_X = Q_A Q$, где $Q_A = E - QA^T N^{-1} A$, E – единичная матрица.

В заключение заметим, что приведенные в статье уравнения подтверждены результатами уравнивания на реальных объектах, в частности, при создании геодезических разбивочных сетей при строительстве вантового моста и эстакады у станции Ржевка в Санкт-Петербурге.

Библиографический список

1. **Большаков В.Д., Маркузе Ю.И., Голубев В.В.** Уравнивание геодезических построений: Справочное пособие. – М.: Недра, 1989. – 413 с.
2. **Коугия В.А., Грузинов В.В.** Применение GPS для построения мостовых разбивочных сетей. – Геодезия и картография. – 2001. - № 5. – с. 18-23.
3. **Машимов М.М.** Методы математической обработки астрономо-геодезических измерений: Учебник. – М.: ВИА, 1990. – 510 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЕЙСМОАКТИВНЫХ РАЙОНАХ

Ж. В. Иванова

Аннотация

На основании данных, имеющихся в отечественной и зарубежной литературе проанализировано поведение деревянных зданий различного назначения во время сильных землетрясений; рассмотрены различные конструктивные схемы зданий; представлены основные причины разрушения деревянных зданий и выполнен анализ методов повышения их сейсмостойкости. Даны рекомендации по обеспечению сейсмостойкости новых и эксплуатируемых зданий.

Ключевые слова: деревянные здания; землетрясения; анализ разрушений; уязвимость; методы повышения сейсмостойкости

Введение

Как строительный материал, древесина применяется на протяжении многих веков и является единственным легкодоступным и самовозобновляющимся материалом, а конструкции, выполненные из нее, являются легкими, надежными и долговечными. Тот факт, что древесина представляется собой легкообрабатываемый материал, облегчает и упрощает изготовление деревянных конструкций. Это прочный и относительно легкий материал, обладающий хорошими теплоизоляционными и санитарно-гигиеническими свойствами, что является не маловажным для стен и покрытий жилых малоэтажных домов.

На сегодняшний день деревянные конструкции, изделия и детали занимают от 40 до 80% стоимости материалов в строительстве.

Широкое распространение деревянные конструкции получили в сейсмически активных районах России и за рубежом.

1. Анализ поведения деревянных зданий во время землетрясений и причины их разрушений

Как показывает анализ состояния деревянных зданий при сильных землетрясениях, они обладают достаточно высокой сейсмостойкостью. Яркими примерами, иллюстрирующими этот факт, являются поведение японских и китайских пагод при землетрясениях интенсивностью 9 баллов [1]. Конструктивное решение этих пагод предусматривает наличие гибких элементов, роль которых выполняют деревянные колонны, причем

центральная колонна либо подвешивается к потолку, либо крепится к основанию или к перекрытию, работая при этом подобно маятнику.

На протяжении многих десятков лет деревянные дома сибирской рубки были способны выдерживать землетрясения 7, 8 и более баллов, о чем свидетельствует свод сведений о землетрясениях на территориях Удинска-Верхнеудинска-Улан-Удэ [2-3]. Аналогичная ситуация наблюдалась при обследовании более 800 деревянных зданий после землетрясения 1849 г. в г. Верном (Алма-Ата) и во время Итурупского землетрясения 1958 г. [4-5].

Хорошо перенесли землетрясение деревянные здания различных конструктивных решений после Семиреченского землетрясения 1910 г. Ни одно деревянное здание не было разрушено, особенно сейсмостойкими оказались деревянное здание бывшего кафедрального собора высотой 54 м, четырехэтажное здание мельницы, и двухэтажное здание монастыря [6-7].

Обследование деревянных зданий после Кемино-Чуйского землетрясения 1938 г. и Фукуйского землетрясения 1948 г. показало, достаточно хорошую сопротивляемость деревянных зданий каркасного типа сейсмическим воздействиям. Результаты анализа состояния щитовых домов после землетрясения в Сан-Фернандо (США, Калифорния) показали, что эти здания практически не получили повреждений. Аналогичная ситуация наблюдалась при поведении одноэтажных дачных домов во время землетрясения 1995 г. в г. Нефтегорске и др.

Анализ объемно-планировочных и конструктивных решений рассмотренных деревянных зданий показал их большое разнообразие. Это и рубленые (бревенчатые, брусчатые) и каркасно-рубленые, каркасные (с деревянным несущим каркасом), сборно-щитовые дома и др. Приведенные примеры подтверждают распространенное мнение о высокой сопротивляемости деревянных зданий и сооружений сейсмическим воздействиям. Однако разрушительные землетрясения, произошедшие за последние десятилетия в разных странах мира (Бурятия - 1963г., 1995 г.; Япония - 1978 г., 1995 г.; США - 1989 г., 1994 г. и др.), показали несостоятельность утверждения об априорной сейсмостойкости деревянных зданий. Оценка результатов обследований зданий, выполненных из древесины, свидетельствует о том, что наряду с другими конструкциями, они также могут иметь серьезные повреждения, вызванные различными причинами. Так в *рубленых и бревенчатых зданиях* наблюдается появление трещин в углах отдельных домов, а также возможны: сдвиг здания с фундамента; сильные деформации (перекос сруба, нарушение пазов между бревнами, вырывание рам) и др.

В *сборно-щитовых домах* серьезные повреждения происходят из-за: сдвиговых деформаций; выпадения стен из щитов; раскрытия швов между

щитами; недостаточно жесткой связи с основанием; отсутствия в уровне перекрытий антисейсмических поясов и др.

Существенное влияние на сейсмостойкость деревянных зданий оказывают процессы гниения, происходящие в деревянных конструкциях, неблагоприятное состояние грунтового основания, неудовлетворительное состояние конструкции фундамента и т.п.

Анализ существующих в настоящее время конструктивных решений деревянных зданий показал, что наибольшее распространение в отечественном и зарубежном строительстве, получили **здания каркасного типа**, обладающие такими преимуществами как высокая сборность, низкая стоимость, возможность решения различных объемно-планировочных и архитектурных форм.

Серьезные повреждения в этих зданиях происходят из-за: недостаточно жесткой связи с основанием; недостаточной жесткости гибкого нижнего этажа; недостаточности сечения несущих стоек; отсутствия в конструкциях диагональных связей; недостаточной прочности узловых соединений и др.

2. Методы повышения сейсмостойкости деревянных зданий различных конструктивных схем и материала

2.1. Мероприятия общего и объемно-планировочного характера

На сегодняшний день в странах, где издавна древесина применяется в сейсмических районах (Япония, Китай, США, Канада, Россия и др.) известны антисейсмические мероприятия, повышающие сейсмостойкость зданий и деревянных конструкций [8]. Надо отметить, что эти мероприятия как объёмно-планировочного, так и конструктивного характера в первую очередь должны обеспечивать пространственную и плоскостную жёсткость конструкции, надёжную связь самого здания с фундаментом, а также достаточно прочную взаимосвязь между самими конструкциями и их элементами. Причём общая пространственная жёсткость в деревянных зданиях может достигаться посредством следующих мероприятий:

- планировка здания должна предусматривать введение достаточного количества продольных и поперечных стен, расположенных по возможности симметрично относительно главных осей и на ограниченных, равных или близких друг от друга расстояниях;
- крепление стен и стоек к фундаменту должно быть достаточно надёжным;
- повышение общей жёсткости стен и перекрытий в своей плоскости, усиления связи между стенами и перекрытиями, а также связанности между собой элементов стен и перекрытий;
- наличие более низкой и лёгкой крыши;

- повышения пространственной жёсткости и связи со стенами.

Кроме того, все проектируемые, возводимые и эксплуатируемые деревянные здания в районах и на строительных площадках с сейсмичностью 7-9 и более баллов должны соответствовать действующим общестроительным и антисейсмическим нормативным требованиям, направленных на обеспечение их долговечности и надёжности. Ещё одним из важнейших и обязательных требований, которые предъявляются к деревянным конструкциям и зданиям, является высокое качество их возведения и эксплуатации, а также выполнение антисептирования и противопожарной обработки древесины [8].

Учитывая эти мероприятия необходимо помнить, что при строительстве деревянных зданий в сейсмических районах любые деревянные постройки (например, рубленые, каркасные) могут возводиться высотой в 2 этажа, а сборно-щитовые только в один этаж, причём высота этажей не должна превышать 3,2 м. Расстояние между поперечными стенами принимают равным 6-8 м во избежание стыков брёвен в пролётах, а расстояние между продольными стенами назначают не более 5-6 м. В тех случаях, когда расстояния превышают перечисленные необходимо устраивать дополнительные меры, которые повышают общую пространственную жёсткость, связь между стойками и перекрытиями и др., например, путем устройства коротышей. Конструктивные мероприятия, обеспечивающие сейсмостойкость деревянных зданий, зависят от применяемой конструкции остова [9].

2.2. Конструктивные мероприятия

Во всех типах фундаментов, применяемых под деревянные здания, в местах опирания на них надземной части, необходимо наличие противосдвиговых и других мер, обеспечивающих прочность и неизменность этого соединения.

Стены, выполненные из древесины, всех видов (рубленые, щитовые, каркасные) конструктивно должны быть замкнутыми вверху и внизу по всему контуру.

Сейсмостойкость зданий с *рублеными бревенчатыми и брусчатыми стенами* обеспечивается за счёт постановки надёжной связи в местах примыкания и сопряжения стен путём установки связей или рубкой стен "с остатком" не менее 35 см, а в одноэтажных строениях допускается - 25 см, в то время как обычная рубка не даёт гарантии прочности и жёсткости сопряжений; прочного крепления вертикальных конструкций между собой, обеспечивающееся за счёт усиления верхних венцов в углах здания и т.д.

При проектировании *сборно-щитовых домов* для сейсмических районов необходимо соблюдать следующие общие требования:

обеспечение пространственной жёсткости коробки здания в целом; центрирование нижней обвязки относительно фундамента и надёжная связь с ним и т.п.

Сейсмостойкость **каркасных** зданий может создаваться за счет использования в качестве заполнителя стен легких материалов, постановки раскосов и косой обшивки в плоскости стен, обеспечения прочной и неизменной связи с фундаментом, соединения элементов каркаса между собой и др.

3. Заключение

Представленный анализ данных о поведении деревянных зданий во время землетрясений и методов повышения их сейсмостойкости позволяет использовать этот материал для составления каталога сейсмической уязвимости деревянных зданий. Согласно рекомендаций, выпущенных НТЦ по сейсмостойкому строительству [10] деревянные здания по конструктивным типам делятся на рубленые полностью (тип Д1), каркасно-рубленые (тип Д2), каркасные с заполнением и каркасно-щитовые (тип Д3), бескаркасные сборно-щитовые (тип Д4). Однако, приведенные в рекомендациях вопросы для оценки сейсмостойкости деревянных зданий в большей степени совпадают с антисейсмическими мероприятиями рубленых и не в полной мере каркасно-рубленых зданий. Учитывая некоторые различия в существующих методах повышения сейсмостойкости деревянных зданий различных конструктивных типов, более целесообразным представляется составление отдельных опросников для всех основных типов деревянных зданий с учетом пунктов, разработанных в качестве дополнения к критериям оценки сейсмической уязвимости деревянных зданий [11].

Библиографический список

1. **Арнольд К., Рейтерман Р.** Архитектурное проектирование сейсмостойких зданий / Пер. с англ. Л. Л. Пудовкиной; Под ред. С. В. Полякова, Ю. С. Волкова. - М.: Стройиздат, 1987. - 195 с.: ил. - Перевод. изд.: Building Configuration and Seismic Design / C. Arnold, R. Reitherman. - New York/ John Wiley & Sons, Inc., 1982.
2. **Демин Э.В.** Свод сведений о землетрясениях Удинска-Верхнеудинска-Улан-Удэ. – «ДиалогСибирь», 1997. – 75 с.
3. **Демин Э.В., Татьков Г.И.** Последствия землетрясений на территории Республики Бурятия (1957-1995 г.г.) – ТОО «ОЛЗОН» при БНЦ СО РАН, 1996. – 120 с.
4. **Поляков С.В.** Последствия сильных землетрясений. - М.: Стройиздат, 1978. - 311 с.
5. **Федотов С. А.** Макросейсмическое описание Иркутского землетрясений 7 ноября 1958 г. // "Вопросы инженерной сейсмологии", вып. 5. Труды Института Физики Земли АН СССР, № 17 (184), 1961.
6. **Цшохер В. О., Быховский В. А.** Антисейсмическое строительство. - М., 1937, 103 с.

7. **Белинская Т. И., Турков А. В., Хапин А. В.** Обоснование целесообразности применения деревянных конструкций в сейсмостойком строительстве. / Сейсмостойкие конструкции зданий и сооружений в Киргизии. Сб. н. тр., Фрунзе, 1990 г., с. 32–35.

8. ТСН. Указания по антисейсмическим мероприятиям в деревянных конструкциях и зданиях, возводимых в республики Бурятия. БурТСН-4-02. МИНСТРОЙЖИЛКОМХОЗ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ. – Улан-Удэ, 2002. – 50 с.

9. **Шевцов К. К.** Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями. – М.: «Высшая школа». – 1986. – С. 232.

10. Методическое пособие по паспортизации зданий и сооружений в сейсмоопасных районах (2-я ред.). Госстрой России, НТЦСС. – Петропавловск-Камчатский. – 1996. – 64 с.

11. Анализ сейсмической уязвимости деревянных зданий и рекомендации по обеспечению их надежности и безопасности. НТО. – Санкт-Петербург, ПГУПС. – 2000. – 31 с.

АНАЛИЗ СВОБОДНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ "МОСТ - ПОЕЗД"

А.В. Индейкин, М. М. Евстифеев

Аннотация

В работе рассматриваются свободные колебания пролетного строения связанной механической системы "мост-поезд", исследуются частоты и формы этих колебаний в зависимости от вариантов расположения нагрузки на мосту, а также в зависимости от способов закрепления концевых сечений пролетного строения. Оценивается возможность моделирования форм колебаний пролетного строения в виде синусоиды.

Ключевые слова: свободные колебания; связанная механическая система; взаимодействие системы "мост-поезд".

Введение

При выводе дифференциальных уравнений, описывающих колебания системы "мост-поезд", перемещения пролетного строения моста (как и любого другого упругого тела в механике, рассматриваемого в виде системы с распределенными параметрами) представляются в виде бесконечных рядов вида:

$$y(x;t) = \sum_{j=1}^{\infty} q_j(t) X_j(x) \quad (1)$$

где q_j - обобщенные координаты пролетных строений моста (временные функции); X_j - j -я форма колебаний пролетного строения (балочные функции).

Впервые задача взаимодействия подвижной нагрузки с железнодорожными мостами была успешно решена Днепропетровской школой динамики мостов под руководством академика АН Украины Н. Г. Бондаря (ДИИТ). Однако представление динамических прогибов пролетного строения в тех исследованиях (Н. Г. Бондарь, 1984) выполнялось в виде разложения его по формам свободных колебаний *незагруженного* моста, а сами формы остались нераскрытыми, что является удобным для теоретических изысканий, но требует дополнительных исследований к вопросу применения такого моделирования на практике.

В настоящей работе рассматриваются свободные вертикальные колебания пролетного строения системы "мост - поезд". Исследуются

изменения форм и частот колебаний при различных случаях закрепления пролетного строения, а также при различных вариантах расположения нагрузки на мосту.

При динамическом расчете взаимодействия системы "мост-поезд" проверяется гипотеза о представлении форм колебаний загруженного пролетного строения в виде набора синусоид различного периода. В связи с этим выполнен гармонический анализ полученных форм колебаний с целью установления справедливости использования в качестве балочных функций классических фундаментальных функций, соответствующих шарнирному способу закрепления концов балки:

$$X_j(x) = \sin \frac{j\pi x}{l} \quad (2)$$

где l - длина пролетного строения.

1. Описание расчетных моделей

Механическая модель включает подвижной состав, расположенный на

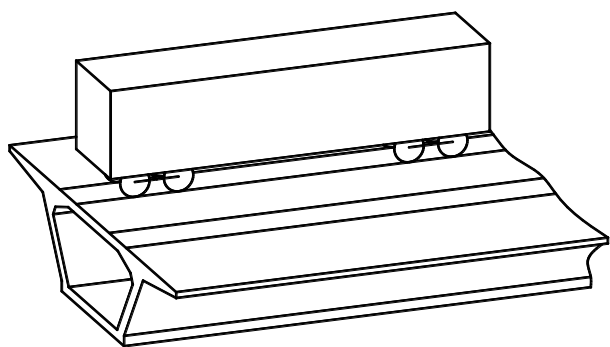


Рис. 1. Механическая модель системы "мост-поезд".

однопролетном мосту (рис. 1). Подвижной состав состоит из нескольких вагонов, однородных по геометрическим и динамическим характеристикам, соответствующих прицепным вагонам электропоезда ВСМ-ЭПС. Пролетное строение - типовое для ВСМ: двухпутное балочное коробчатого сечения из монолитного предварительно

напряженного железобетона с ездой поверху. Длина пролета 66 м.

Расчет собственных частот и форм колебаний системы проводился средствами конечно-элементного анализа. Пролетное строение моделировалось прочностными твердотельными элементами. Подвижной состав представлялся точечными массами, связанными, в соответствии с механической моделью подвижного состава, элементами типа пружина-демпфер.

Для пролетного строения было рассмотрено три типа закрепления, получившие названия классический, идеальный и реальный. Классический тип закрепления (рис. 2, а) представляет собой жесткое закрепление торцевых граней пролетного строения. Идеальный тип (рис. 2, б) соответствует шарнирному способу закрепления концов балки. Реальный тип (рис. 2, в) от идеального отличается учетом работы балластного корыта (узлы конечно-элементной модели пролетного строения на торцевых гранях в пределах балластного корыта шарнирно закреплены).

Для полноты исследования расчет свободных колебаний системы "мост-поезд" проводился для четырех вариантов расположения подвижного состава на мосту (вариантов загрузки): один незагруженный и три загруженных (рис. 3).

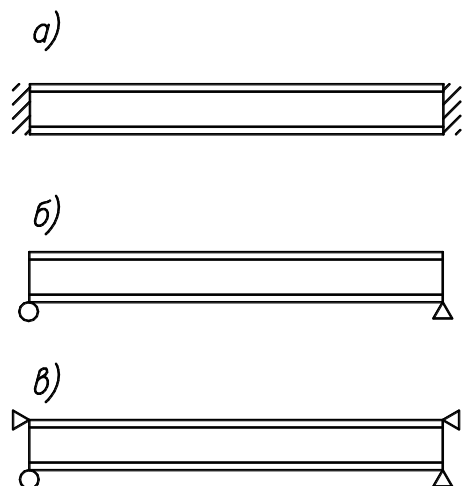


Рис. 2. Типы закрепления строения. а) классический; б) идеальный; в) реальный.

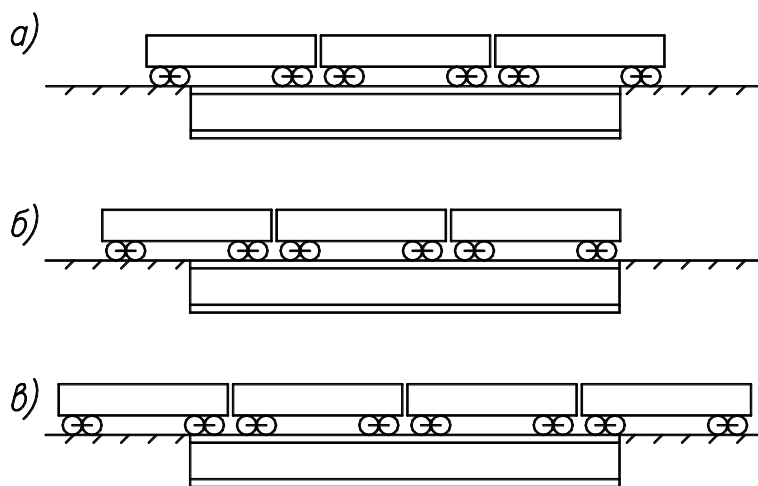


Рис. 3. Схемы вариантов расположения подвижного состава на мосту. а) симметричный I; б) несимметричный; в) симметричный II.

2. Обработка результатов расчетов

Из конечно-элементных моделей были произведены выборки перемещений узлов, соответствующих геометрическим линиям пролетного строения, расположенных под рельсовыми нитями загруженного пути (линии контакта подвижного состава с пролетным строением). Из этих выборок получены кривые перемещений линий контакта в вертикальном направлении для каждой формы колебаний. Далее, средствами регрессионного анализа, исследовался вопрос описания полученных кривых синусоидами (2).

3. Анализ форм и частот колебаний

В исследовании учитывались первые четыре формы вертикальных колебаний.

Анализ соотношений собственных частот (табл. 1) позволяет выделить пролетное строение при классическом способе закрепления, как самое "жесткое", и как самое "мягкое" - при идеальном.

При классическом и реальном способах закрепления пролетного строения спектры частот и формы колебаний не зависят от варианта загрузки моста.

В случае идеального закрепления пролетного строения при различных вариантах загрузки имеются различия по частотам и формам первой и второй форм колебаний, что обусловлено перекрытием спектров частот пролетного строения и подвижного состава.

Также, при идеальном случае закрепления, наблюдается бифуркация III вертикальной формы колебаний, т. е. одной форме соответствуют разные частоты. Более низкой частоте (рис 4, а) соответствует балочная форма изгиба. Более высокой частоте (рис. 4, б) соответствует сочетание вертикальных колебаний балки как деформированного твердого тела с формами колебаний, соответствующих цилиндрическому изгибу верхнего его пояса как пластины. Анализ высших форм показывает, что эта тенденция сохраняется, и в высших формах имеет место сочетание этих колебаний для всех способов закрепления пролетного строения.

ТАБЛИЦА 1. Соотношения частот вертикальных форм колебаний

Вариант загрузки	Собственные частоты колебаний в Гц / отн. ед.		
	классический	идеальный	реальный
Незагр.	3,45 : 8,56 : 14,9 : 21,3 1 : 2,48 : 4,32 : 6,17	1,60 : 5,69 : 9,7 / 12,9 : 17,7 1 : 3,56 : 6,06 / 8,06 : 11,1	2,46 : 7,19 : 13,4 : 19,6 1 : 2,92 : 5,45 : 7,97
Симм. I	3,44 : 8,60 : 14,9 : 21,3 1 : 2,5 : 4,33 : 6,19	1,62 : 5,87 : 9,65 / 12,9 : 17,8 1 : 3,62 : 5,96 / 7,96 : 11,0	2,47 : 7,24 : 13,4 : 19,6 1 : 2,93 : 5,43 : 7,94
Несимм.	3,44 : 8,59 : 14,9 : 21,3 1 : 2,50 : 4,33 : 6,19	1,63 : 5,39 : 9,65 / 12,9 : 17,8 1 : 3,31 : 5,92 / 7,91 : 10,9	2,47 : 7,24 : 13,4 : 19,6 1 : 2,93 : 5,43 : 7,94
Симм. II	3,44 : 8,57 : 14,9 : 21,3 1 : 2,49 : 4,33 : 6,19	1,63 : 5,81 : 9,64 / 12,9 : 17,8 1 : 3,56 : 5,91 / 7,88 : 10,9	2,47 : 7,22 : 13,4 : 19,6 1 : 2,92 : 5,44 : 7,94

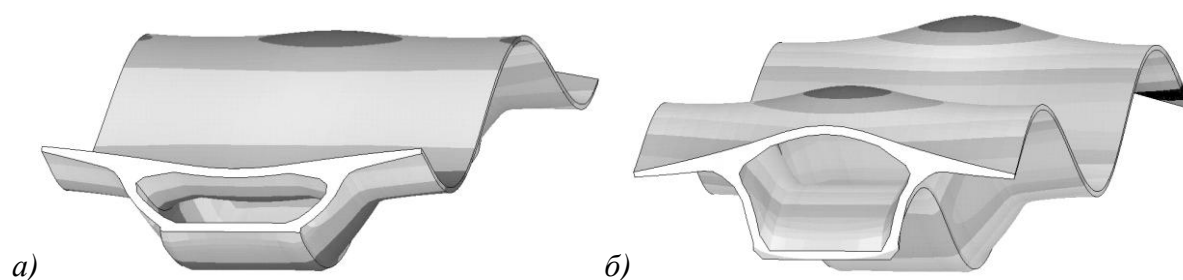


Рис. 4. III вертикальные формы колебаний при идеальном способе закрепления пролетного строения: а) более низкая (9,7 Гц) форма; б) более высокая (12,9 Гц).

В идеальном случае при частоте 18,8 Гц имеет место практически чистый цилиндрический изгиб верхнего пояса пролетного строения с существенным искажением контура поперечного сечения за счет горизонтальных изгибных колебаний стенок (рис. 5).

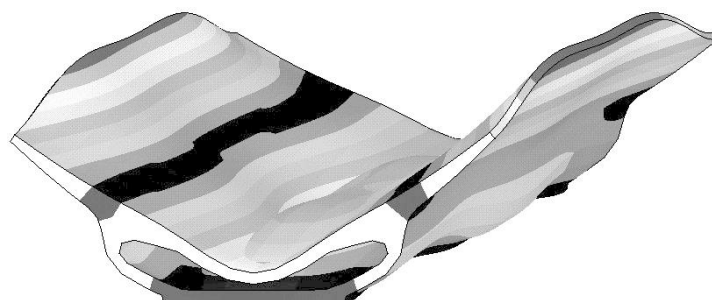


Рис. 5 Цилиндрический изгиб верхнего пояса пролетного строения.

При классическом способе закрепления все формы колебаний хорошо описываются соответствующими синусоидами (2). Коэффициент корреляции при этом не ниже 0,98.

При идеальном способе первая и вторая формы колебаний описываются синусоидами с коэффициентом корреляции не ниже 0,99. Коэффициент корреляции для третьей и четвертой форм снижается до 0,78.

При реальном способе закрепления первые три вертикальные формы описываются синусоидами (2) с коэффициентом корреляции не ниже 0,96. При синусоидальном описании четвертой вертикальной формы коэффициент корреляции снижается до 0,89.

4. Выводы

При классическом и реальном способах закрепления пролетного строения низшие формы вертикальных колебаний (первые четыре) можно моделировать с помощью синусоид (2). От характера загрузки пролетного строения спектры частот и сами формы в этих случаях не зависят.

Несмотря на разность значений частот спектра колебаний, их соотношения для классического и реального способов близки друг к другу. В идеальном случае имеется спектр частот, более приближенный к балочному спектру частот (1 : 4 : 9 : 16), т. е. в сторону более разреженного спектра, характерного для балок (для идеальных балок Тимошенко).

5. Литература

Г. Н. Бондарь Взаимодействие железнодорожных мостов с подвижным составом. М.: Транспорт, 1984.

ЛИИЖТ- ПГУПС на строительных объектах Ленинграда- Петербурга в 1941 – 2005 гг.

Л.И. Коренев

Аннотация

Показана значительная роль лучших представителей ЛИИЖТа-ПГУПСа в деле обороны и послевоенного восстановления и развития транспортных коммуникаций, промышленных и гражданских сооружений города на Неве за период 1941-2005 гг.

Ключевые слова: реконструкция, строительство, транспортные коммуникации, вокзалы, мосты, общественные и производственные здания.

Введение

Прошло 60 лет со дня Победы над немецко-фашистскими оккупантами. Все эти годы были насыщены созидательным трудом нашего народа. Ученые ЛИИЖТа (ныне ПГУПСа) и инженеры, вышедшие из его стен, много сделали в этот период для страны, и, прежде всего, для своего родного города Ленинграда - Петербурга.

Точкой отсчета реальных дел для укрепления и восстановления важных объектов нашего города будем считать проектирование и сооружение их в период Великой Отечественной войны в прифронтовой полосе. Ниже приводится краткое описание достойных дел лучших представителей нашей Альма матер.

Созидание в военные годы

В 1941-1944 гг. это были инженерно-технические консультации и экспертные заключения и реальные разработки по проблемам:

- строительство дотов и дзотов (проф. А.В. Ливеровский);
- устройство бомбоубежищ (проф. Л.П. Шишко);
- состав бетона для противотанковых надолбов (проф. Н.М. Беляев и В.П. Петров);
- автономные энергопоезда (проф. Я.М. Гаккель);
- «летучие» поезда водоремонта и водоснабжения (проф. А.А. Сурин) и другие проработки.

Из 400 предложений полностью к исполнению были взяты для Ленинградского фронта и Октябрьской железной дороги – 39.

Уже с сентября 1941 г. встал вопрос о строительстве «Дороги Жизни». Здесь уместно упомянуть снова имя проф. А.В. Ливеровского, под руководством которого были запроектированы пирсы и пристани на станции Ладужское Озеро. Кстати, тогда же он при завершении строительства Северо - Печорской дороги (которая стала главной углевозной магистралью севера-запада страны к концу 1942 г.) рекомендовал снять мостовые конструкции с малодейственных участков других дорог и даже демонтировать

металлоконструкции Дворца Советов в Москве и использовать их на этой магистрали.

Для «Дороги Победы» в период прорыва блокады зимой 1942 – 1943 гг. были сооружены соответственно низководный и высоководный мосты через Неву у Шлиссельбурга. Здесь отличились питомцы нашего вуза В.В. Демченко, П.И. Богомолов, П.И. Мажара, В.А. Чежин и многие другие.

В качестве конкретной разработки следует отметить и рельсосварочную машину (проф. А.Е. Алексеева, Государственная премия, 1945 г.).

Восстановительные работы

Война натворила много бед, и предстоял период полномасштабного возрождения города. Специалистов лиижтовцев прежде всего касалось восстановление вокзалов, мостов, станционных построек. В этот период на Октябрьской ж.д. все работы находились под неусыпным оком ее начальников. В период с 1945 по 1952 гг. первыми лицами Октябрьской ж.д. были трое наших видных питомцев Б.К. Саламбеков, А.И. Платонов, М.А. Осинцев. По проектам Ленгипротранса (ЛГТС) были подняты из руин более 126 вокзалов, павильонов. В этот период времени главным архитектором отдела «Здания» ЛГТС был И.Г. Явейн, впоследствии проф. ЛИИЖТа.

Мосты на северо-западе нашей страны восстанавливали в основном с помощью консольного ж.-д. крана «Ленинградец» конструкции Д.И. Васильева (Государственная премия, 1949г.) – питомца и сотрудника нашего путейского вуза. Широко использовались для краткосрочного восстановления и мосты со специальными безфундаментными опорами доц. Я.И. Кипниса. Несколько позже получили распространение изобретенные в ЛИИЖТе вибропогружатели свай и комифлетное уплотнение их опор (Ленинская премия: Б.П. Татарников и Л.И. Васильев), а также цельносварные мостовые конструкции ректора ЛИИЖТа, проф. К.Г. Протасова.

Никто не забыт, и ничто не забыто

В 1960-е гг. начали создавать и продолжили в 1970-е гг. мемориальный «Зеленый пояс Славы» по бывшей линии фронта вокруг Ленинграда. Приятно сознавать, что значительная лепта в архитектурную и конструктивную составляющие этих памятников внесли и представители нашего вуза:

архитектурные решения стилизованных километровых столбов Ириновской ж. д. и памятника «Героям-железнодорожникам» на станции Петрокрепость (проф. И.Г. Явейн);

архитектурный проект Ладожского мемориала (гл. инж. И.И. Казарновский);

разработка конструктивной части памятника «Легендарная полуторка» (инж. Г. М. Василевский и Т. А. Мураневич);

проект конструкции памятника «Разорванное кольцо»- (гл. инж. И.А. Рыбин);

разработка конструктивной части памятника «Цветок жизни» - (инж. Г.М. Василевский).

Вклад мостостроителей

Что касается мостостроения в нашем городе, то необходимо отметить, что мостовых организаций в Петербурге сегодня более 25, и все они до 70% насыщены питомцами из ЛИИЖТа-ПГУПС. Сразу же остановимся на фламане нашего отечественного мостостроения – Вантовом мосту через Неву, введенным в эксплуатацию в декабре 2004 г. Его проектировали сотрудники проектных институтов: «Стройпроект» (директор А.А.Журбин) и «Гипростроймост» (ген. директор Ю.П.Липкин) в прошлом - все из родного нашего вуза. Среди главных строителей этого мостового перехода – генподрядчик Мостоотряд -19 (руководитель В.И. Кудряшов, гл. инж. И.Е. Колюшев – все выпускники ЛИИЖТа).

В Петербурге 23 разводных моста, их эксплуатацию осуществляют специалисты «Мостотреста» во главе с его начальником – выпускником вечернего факультета Ю.И. Петровым. Реконструкции в послевоенный период подверглись не только главные мосты, а также и малые мосты нашего города – мостовой столицы мира. Здесь основным производителем работ является Трест «Ленмостострой» во главе с лиижтовцем Е. И. Ивановым. Вспомним и мост Александра Невского, сооруженный по проекту инженеров «Ленгипротрансмоста», в составе которого 90% выпускников ЛИИЖТа. Отметим и интересную деталь: строил этот мост в 1960-1965 гг., а через 30 лет его и реконструировал питомец нашего вуза известный специалист Ю.Р. Кожуховский.

Не остается в стороне и «Ленгипроинжпроект» во главе с директором С.В. Ломбасом, также нашим питомцем. В их активе такие важные проекты последних 5 лет, как: участки КАД, путепровод на пр. Косыгина, Ушаковская развязка и др.

На счету мостовых организаций города – 23 моста Стрельнинского комплекса «Дворца конгрессов» – повторений разрушенных уникальных сооружений.

Трудовые дела метростроевцев

Позиции лучших представителей нашего вуза крепки и в области метростроения – здесь они просто доминирующие. Организаций тоннелестроения в системе Метростроя порядка 20. В 1952-2004 гг. в систему метростроя вошли 600 специалистов, подготовленных в нашем вузе.

Во главе Метростроя в настоящее время стоит выпускник 1963 г. В. Н. Александров. Одним из серьезных трудовых испытаний этой организации в последние годы явилось преодоление «размыва» на участке Лесная-Пл. Мужества. Почти 9 лет ушло на это строительство (мешали не технические проблемы, а отсутствие денег).

Интересной разработкой является пересадочная ст. метро «Спортивная» (первая в России, состоящая из двух ярусов), проект которой исполнил «Ленметрогипротранс» во главе с его рук. Н.И. Кулагиным.

В период недофинансирования тоннельные организации строили для города промышленные предприятия. Например, они реконструировали городской хлебокомбинат и сооружение особого значения, такого, как Константиновский дворец (СМУ-13, директор С.Д. Сепитый).

Возводили не только ж.-д. объекты

Многие строительные организации возглавляются инженерно-строительными кадрами, вышедшими из стен нашего вуза. Им подвластно все. Они сооружали не только ж.-д. объекты, но и всевозможные промышленные и гражданские сооружения, а также разнообразные сети коммунального хозяйства Ленинграда-Петербурга. В качестве примера, приведем возведенное здание Морского вокзала – детища Севзаптрансстроя и его бывшего директора, Героя Социалистического Труда А.И. Федоровича.

Многокилометровые тепло-, газо-, нефтепроводы для нашего города это плод трудов ЗАО «Трест Ленгазтеплострой», руководимого Н.Г. Кикичевым, окончившего в 1963 г. строительный факультет ЛИИЖТа. Под началом выпускника того же года Л.Д. Бояндурова сооружаются оригинальные здания-особняки. Взять хотя бы многофункциональный комплекс на Манежной площади с памятником И.С. Тургеневу, так удачно вписавшийся в старинную городскую застройку.

Украшает ландшафт нашей курортной зоны пансионат Метрополитена в Зеленогорске, сооруженный силами транспортных строителей при самом активном участии начальников метрополитена В.Г. Аверкиева и В.А. Елсукова – наших уважаемых питомцев.

Конечно, проекты многочисленных транспортных объектов города на Неве исполняются в первую очередь ОАО «Ленгипротранс». Его много лет возглавляли питомцы нашего транспортного вуза Л.Н. Данильчик и К.Н. Минин. Огромную роль в строительном деле здесь следует отвести отделу института под кратким названием «Здания». Сразу заметим, что здесь собрались специалисты: архитекторы из Академии Художеств или из Государственного архитектурно-строительного университета и строители-конструктора из ЛИИЖТа-ПГУПСа. В отделе работал упомянутый выше И.Г. Явейн, питомец ЛИСИ, ставший впоследствии зав. кафедрой «Архитектура» в ЛИИЖТе. На счету этого отдела проекты реконструкции наших пяти вокзалов и, конечно же – Московского, залы которого неоднократно им же и модернизировались.

На должности главного конструктора отдела «Здания» в разное время работали наши выпускники И.А. Рыбин, О.И. Борисевич, И.И. Казарновский. Тысячи проектов для крупнейшего транспортного узла, каким является наш город – таковы результаты их деятельности. Поэтому здесь, в первую очередь, проектируются производственные здания для Октябрьской ж. д. – ее административные и производственные корпуса такие, как Главный вычислительный Центр, Центр управления перевозками на ст. Санкт-Петербург-Главный, депо Металлострой (лучшее по отрасли в нашей стране) и многие другие. Заслуживает особого внимания купольное покрытие Финляндского вокзала, возведенного при перестройке старого здания. Тонкая железобетонная конструкция купола, возведенная в 1950-е годы, является уникальным образцом инженерно-художественного творчества. Внутреннее пространство купола, благодаря своей форме, создает ощущение простора и света. Купол является не только архитектурным, но и инженерным шедевром. Его конструкция позволяет использовать естественное освещение, что значительно снижает энергопотребление здания. Кроме того, купол имеет высокую прочность и долговечность, что также является его преимуществом.

бетонная оболочка перекрыла главный кассовый зал размером 33×33 м. Это уникальное сооружение в нашем городе, и авторы И.А. Рыбин и И.И. Казарновский стали Лауреатами Государственной премии Совета Министров РСФСР.

И.И.Казарновский известен и как конструктор перекрытий такого транспортного объекта, как аэропорт «Пулково».

Не менее интересным является вклад еще одного нашего питомца, сотрудника Петербургского зонального научно-исследовательского института экспериментального проектирования (ЗНИИЭПа) Б.А. Миронкова. Еще при жизни он стал по сути классиком – новатором по проектированию оригинальных пространственных конструкций. Его творчеству принадлежат разработки многих сооружений – покрытий общественных и производственных зданий. Вслед за нашим видным выпускником В.П.Поликарповым, ставшим Лауреатом Ленинской премии за проектирование Дворца Спорта в Лужниках (1959 г.), Б.А. Миронков в 1968 г. тоже стал лауреатом Государственной премии за конструктивные разработки перекрытий тренировочного катка дворца спорта «Юбилейный». На его счету и перекрытия станций метро «Черная речка», «Девяткино», «Рыбацкое» и многих других.

Несколько слов о деятельности Службы капитального строительства Октябрьской ж. д. Ее уже много лет возглавляет выпускник вечернего факультета ЛИИЖТа В.А. Писарев. От Мурманска до Москвы – вот диапазон его деятельности по возведению и реконструкции ж.-д. зданий и сооружений. Он по праву стал заслуженным строителем РФ. К 300- летию нашего города работники организации, которую он возглавляет, выполнили колоссальный объем, отреставрировав 37 вокзалов и павильонов Октябрьской ж. д. и приняв участие в сооружении нового Ладожского вокзала.

Вклад в современный облик города

Вероятно, при прочтении вышеизложенного материала, сложилось впечатление, что вклад в создание послевоенного облика нашего города, осуществленный представителями ПГУПС, сделали в основном его питомцы. Это и так и не так. Известно, что профессорско-преподавательский состав готовит, главным образом, высококлассных специалистов для транспортных и строительных предприятий, в том числе, и для нашего города. Усилия ученых и педагогов раскрываются в делах их учеников, о некоторых из них и рассказывалось выше. Известно также, что в нашем вузе сосредоточена и научно-прикладная работа, в том числе и в строительной отрасли. Так было всегда.

Кратко остановимся и на наиболее интересных делах последних лет наших ученых на благо города. Расчет конструкций наверхий Казанского собора, Татарской мечети, Церкви Спасителя у Варшавского собора и многих других храмов города, а также конструирование колоколов для звонниц православных церквей – производились под руководством проф. А.Н. Лялинова. Обследование и практические рекомендации по укреплению фундаментов многих исторических зданий Петербурга, в том числе, Константиновского

Дворца в Стрельне, здания Биржи на стрелке Васильевского острова и многих других объектов – проводит коллектив ученых, возглавляемых Лауреатом Государственной премии (2003 г.) проф. В.М. Улицким.

Обследование конструкций мостов (больших и малых) города и пригородов, сохранением и приданием им исторического первоначального состояния занимается коллектив ученых под руководством проф. Г.И. Богданова.

Кафедра «Мосты» участвует в сооружении новых и реконструкции существующих внеклассных мостов в городе. Она привлекает студенчество на объекты мостостроения. Например, производственную практику старшекурсники проходили на строительстве нового Вантового моста через Неву. К руководству дипломным проектированием привлекались создатели этого выдающегося сооружения – В.С. Прокопович (проектировщик уникальных пилонов, высота которых 126,5 м) и главный инженер проекта вантового участка мостового перехода О.Г. Скорик.

Выводы

Ученые и питомцы ПГУПСа всегда совместно решали и решают большие задачи во благо процветания нашего чудесного города, что так уместно было вспомнить в год 60-летия нашей Победы. На их счету многие важные сооружения: транспортные коммуникации (мосты, путепроводы, метрополитен, набережные, путевые развязки, кольцевая автомобильная дорога, трамвайные пути, улучшенные уличные покрытия и т. д.); объекты городской инфраструктуры города (водоснабжение и водоотведение; тепло-, газо- и нефтепроводы); вокзалы, павильоны и перроны для Октябрьской ж. д.; здания промышленного и общественного значения.

Сведения об авторе. Корнев Леонид Иванович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Изыскания и проектирование ж.д.», директор Музея ПГУПС, конт. телефон 713-46-51

НЕДОСТАТКИ ЗДАНИЙ МОНОЛИТНО-КАРКАСНОЙ КОНСТРУКЦИИ г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

А.В. Кузнецов

Аннотация

В связи с тем, что был принят федеральный закон «Об энергосбережении», потребовались качественные преобразования нормативной базы. В нормативные документы были включены показатели эффективного использования энергии, расхода энергии на отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию. Рассматриваются различные решения зданий монолитно-каркасной конструкции. Ставится вопрос о существующих дефектах в конструктивных узлах, их не соответствии с существующими строительно-нормативными требованиями.

Ключевые слова: строительство; проектирование; строительная теплотехника; энергосбережение зданий, защита отдельных частей зданий и сооружений.

Введение

Возведение зданий монолитно-каркасной конструкции является наиболее эффективным способом строительства. При этом, наружные ограждающие конструкции таких домов имеют показатели, которые не удовлетворяют нормативным требованиям с позиции теплотехники. В статье рассматриваются основные типы конструктивных узлов и ставятся вопросы о необходимости решения существующих проблем теплового режима зданий.

1. Краткое описание конструкций монолитно-каркасных зданий

В настоящее время в нашей стране наблюдается рост строительства многоэтажных жилых зданий монолитно-каркасной конструкции с поэтажным опиранием стен на консольные выпуски дисков перекрытий. Такой подход позволяет наиболее чётко разделить конструктивные элементы здания по функциональному назначению на несущие и ограждающие конструкции.

На рис. 1 представлен один из примеров строящегося жилого дома. Несущими элементами являются пространственные каркасы, воспринимающие все приложенные нагрузки: вертикальные и горизонтальные. Наружные ограждающие конструкции устраивают в виде поэтажно опёртых стен, воспринимающих ограниченную нагрузку в пределах этажа. В монолитно-каркасном здании наружные стены выполняются многослойными, например, из пенобетона и кирпичной облицовкой.



Рис. 1 Возведение жилого здания в г. С.-Петербурге с выпусками плит перекрытий на фасад

Для обеспечения высокого качества потолков, диски перекрытий выполняются плоскими с гладкой поверхностью. Образовавшееся большое пространство способствует организации свободной планировки и её трансформации.

2. Краткий обзор существующих конструктивных узлов монолитно-каркасных зданий

В настоящее время существует несколько вариантов решения конструктивных узлов зданий подобной конструкции – вследствие того, что до конца не решены проблемы с позиции энергосбережения. Так например, в г. С. –Петербурге за последние годы было построено несколько зданий монолитно-каркасной конструкции, например: квартал 29А, озеро Долгое, корп. 17, Комендантский пр. д.11, район ст. метро Купчино- квартал 32 и др. На рис. 2 приведены конструктивные узлы рассматриваемых домов. В варианте а) консольные выпуски монолитных ж.б. перекрытий на фасад имеют размеры 250х180 мм и устроены с шагом 1000 мм. Конструкция стены состоит из наружного лицевого кирпичного слоя -толщиной 120 мм и внутреннего из пенобетона- толщиной 300 мм. Воздушный зазор между ними составляет 60 мм. Предварительный расчёт в программном комплексе COSMOS показал, что применение стен со слоем пенобетона толщиной 300 мм, по варианту а) не обеспечивает

требуемый температурный режим в помещении, предписанный нормативными документами.

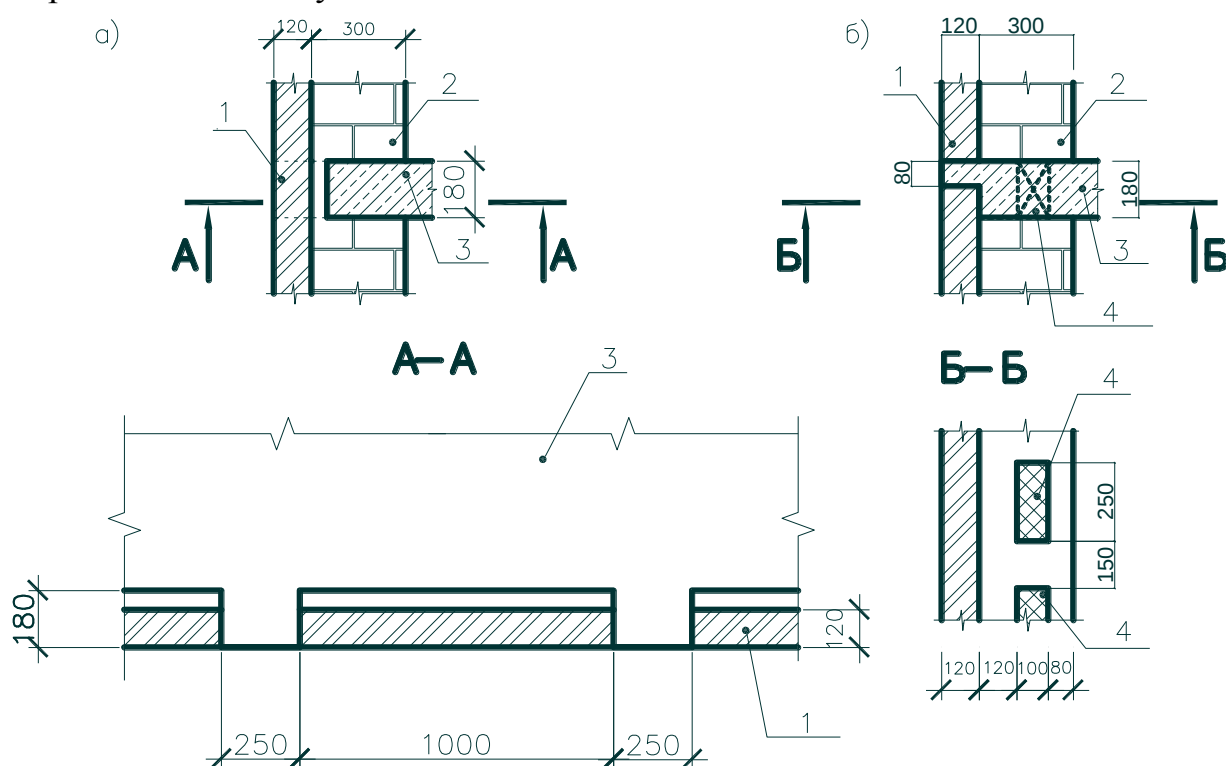


Рис.2 Узлы сопряжения наружных ограждений зданий монолитно-каркасной конструкции с дисками перекрытий.

1- наружная облицовка из кирпича; 2- пенобетонные стеновые блоки; 3- монолитное железобетонное перекрытие; 4- полистирольный утеплитель;

В варианте б) конструкция наружной стены полностью опирается на перекрытие. В целях уменьшения влияния мостика холода - в выпусках плит перекрытий на фасад с заданным шагом равным 150 мм, устанавливаются полистирольные термовкладыши, размерами 250x100x180 мм. Наружная стена представляет собой однородную многослойную конструкцию толщиной 432 мм. Внешний облицовочный слой- кирпич толщиной 120 мм, затем следует изоляционный из пенобетона- толщиной 300 мм и с внутренней стороны устанавливается лист гипсокартона- толщиной 12 мм.

Существует вариант конструкции [1], где предусмотрено применять на ячейку каркаса по одной или две сплошные плиты перекрытия, выпускаемые в кассетных установках домостроительными комбинатами. В этом случае, ограждающие конструкции также выполняют в виде поэтажно опёртых наружных стен и внутренних перегородок, размещаемых в требуемом месте диска перекрытия. Приведённые на рис. 3 ограждающие конструкции могут быть однослойными и многослойными.

Наружные стены рассматриваемых узлов включают кладку из различных штучных изделий, например, ячеистобетонных или керамических камней.

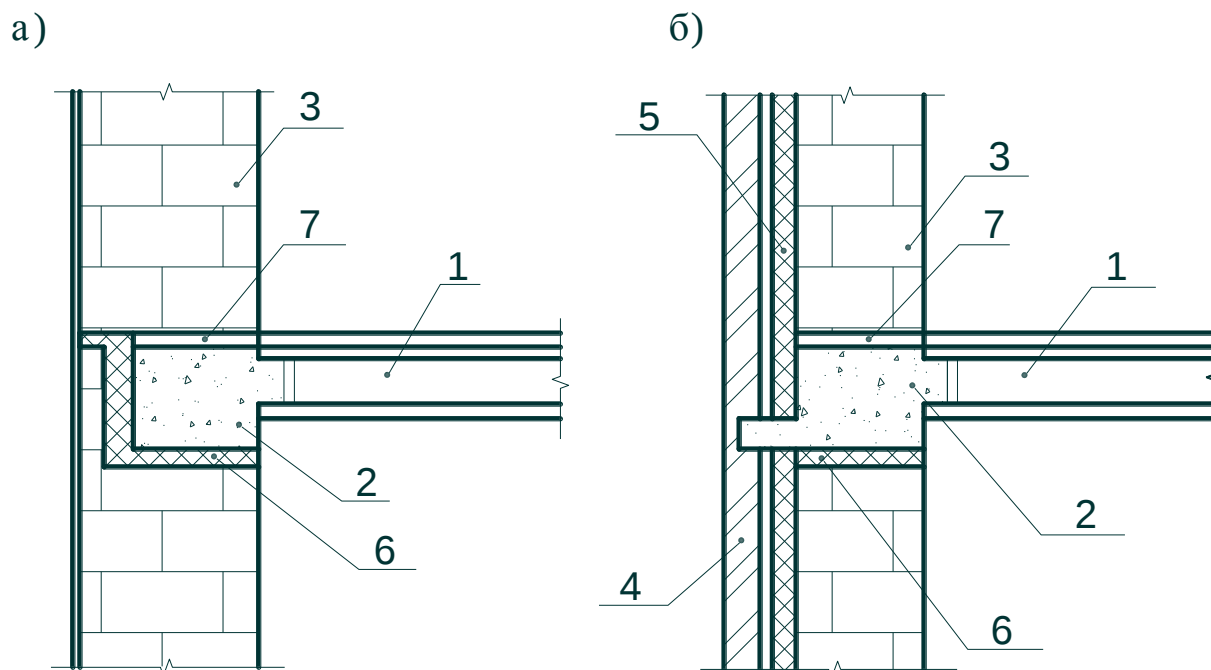


Рис.3 Узлы сопряжения наружных стен с дисками перекрытий

а) однослойная стена; б) многослойная стена; 1- сборные многпустотные плиты перекрытия; 2- крайний монолитный ригель; 3- кладка из ячеистобетонных камней; 4- наружная облицовка из кирпича; 5- утеплитель; 6- компенсационная прокладка (пенополистирол); 7- раствор

3. Причины возникновения температурно-влажностных дефектов в зданиях монолитно-каркасной конструкции

В рассматриваемых зданиях, имеющих такую конструктивную схему, не совсем ясно каким образом обеспечиваются требуемые условия теплового комфорта. Например, железобетонная плита перекрытия [2], независимо от того, имеет она теплоизолирующие вкладыши или нет, всё же является теплопроводным включением в ограждающей конструкции. Как следствие- появляется «мостик холода», теряется большое количество тепла, увеличиваются затраты на отопление здания, внутри помещения неравномерно распределяются температуры.

В рассматриваемых стеновых конструкциях, где в качестве теплоизолирующего слоя применялся монолитный пенобетон, не всегда выдерживается заданная проектом эксплуатационная влажность [3], равная 12%. Взятые образцы проб имели отличную от проектной влажность, в бóльшую сторону, что является нарушением п.8.5. [4]. Так как

проникновение водяных паров в толщу теплоизоляции значительно ухудшает теплопроводные характеристики материала.

Существующее многообразие конструктивных узлов объясняется тем, что проектировщиками до конца не решен целый ряд вопросов, например :

- обеспечение необходимых условий комфортности с позиций санитарно-гигиенических требований;
- оказываемое влияние теплопроводных включений на теплопотери в жилых домах;
- не в полной мере выполняется требование п.5.2.3 [4];
- влияние гидрофизических свойств [5] монолитного пенобетона на теплоизоляционные качества наружного ограждения;

4. Заключение

В работе проведён анализ существующих жилых зданий монолитно-каркасной конструкции. При эксплуатации таких домов в г. С.-Петербурге были обнаружены отклонения от нормативных показателей, а именно: образование мостиков холода в узлах сопряжения плит перекрытий со стеновыми ограждающими конструкциями, что явилось причиной нарушения температурно-влажностного режима в жилых помещениях, и привело к ухудшению комфортных условий проживания в них.

Натурные исследования выявили некоторые причины появления таких дефектов. Устранение этих недостатков требует дальнейшего рассмотрения, путём сопоставления полученных теоретических результатов с практическими.

Библиографический список

1. **Мордич А.И., Белевич В.Н.** Современные многоэтажные здания на основе сборно-монолитных каркасов – залог эффективности предприятий стройиндустрии. – Межд. конференция и выставка по производству бетона и сборных бетонных конструкций. ICCX St. Petersburg 2005. – с. 127-130.
2. **Фокин К.Ф.** Строительная теплотехника ограждающих частей зданий.– М.:Стройиздат – 1973– с.287.
3. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий
4. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий.
5. **Микульский В.Г., Куприянов В.Н. и др.** Строительные материалы М.: АСВ, – 2000- с.536.

Новое слово в науке о прочности

В.М.Никитин

Аннотация

Анализ научной, инженерной и педагогической деятельности профессора А.П. Филина, 85-летний юбилей которого отмечается в этом году.

Ключевые слова: деятельность; труды; расчёты; конструкции; механика деформируемых тел; прочность.

Введение

5 декабря 2005 года известному ученому, заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, профессору Анатолию Петровичу Филину исполняется 85 лет. С его именем связана не только научная деятельность высших учебных заведений, в которых он преподавал и заведовал кафедрами (ТБИИЖТ, ХабИИЖТ, ЛИИЖТ, ЛИИВТ, ЛКИ), но и развитие наук прочностного цикла в целом. Он был в числе первых, кто своими трудами подготовил почву для перехода научных исследований и учебных программ на новую ступень, связанную с компьютеризацией процессов вычислений.

1. Вехи жизненного пути

Свое обучение, после окончания в 1938 году средней школы, А.П. Филин начал в Ленинградском кораблестроительном институте, а закончил в 1945 году Тбилисский институт инженеров железнодорожного транспорта, где с 1945 по 1947 год обучался в аспирантуре по специальности «Искусственные сооружения». Уже в 1947 году он – кандидат технических наук. В 1947-49 г.г.- младший научный сотрудник Бюро антисейсмического строительства Академии наук Грузинской ССР. В 1949-53 г.г. –преподаватель, а с1951 г. – заведующий кафедрой строительной механики Хабаровского института инженеров железнодорожного транспорта. В1950 году защитил в ЛИИЖТе докторскую диссертацию и в 1953 году был приглашен на работу в ЛИИЖТ, где проработал до 1979 года, заведую кафедрами «Соппротивление материалов» (1957-59) и «Строительная механика» (1959-76), одновременно являясь руководителем Механической лаборатории имени профессора Н.А. Белелюбского. С 1979 по 1994 г.А.П. Филин работал в ЛКИ профессором кафедры «Соппротивление материалов» (1979-84 и 1989-94), заведующим этой кафедрой (1984-89), деканом факультета повышения

квалификации преподавателей (1983-92). В 1994 году он эмигрировал в США.

2. Научная и инженерная деятельность

Научная и инженерная деятельность профессора А.П. Филина связана со многими разделами механики и типами конструкций (мосты, арочные плотины, оболочки покрытий, корпуса судов, фюзеляжи вертолетов, кузова вагонов, сильфоны). Характерной чертой его научной деятельности является применение в прикладной механике такого математического аппарата, который ранее в ней почти не использовался, но который, с одной стороны, позволяет более удачно формулировать и развивать теорию, а, с другой стороны, облегчает практическое решение с применением ЭВМ. Примером сказанному является введение А.П. Филиным в арсенал расчетных средств механики теории матриц, теории линейных пространств и теории графов.

Уже в 1960 году на конференции по теории пластин и оболочек в г. Казани им была предложена стержневая расчетная схема оболочки, описание которой осуществлено с применением матричного формализма.

В 1961 году был издан составленный А.П. Филиным и переведенный под его редакцией с английского языка на русский сборник статей «Современные методы расчета сложных статически неопределимых систем». Это была первая книга на русском языке, посвященная применению ЭВМ в расчетах сложных конструкций с использованием матричного представления информации. В нее была включена большая статья А.П.Филина, посвященная разделам линейной алгебры, используемой при расчете конструкций. В этой статье, кроме классификации матриц и описания операций над ними, рассматривается n – мерное евклидово пространство, понятие базиса в нем, полнота системы базисных векторов с интегральным представлением скалярного произведения векторов. Обсуждается использование n – мерного евклидова пространства в строительной механике стержневых систем (в последующих работах этот вопрос рассмотрен более детально). Кроме этого, в той же статье дана матричная трактовка линейных преобразований и действий с ними, рассмотрено приведение матриц к диагональному виду, обсуждается проблема собственных чисел и собственных векторов, предложен матричный алгоритм метода начальных параметров.

В 1962 году А.П. Филиным был предложен алгоритм расчета решетки из двух систем пересекающихся стержней. Такая система может рассматриваться как инженерная расчетная схема оболочки, в которой не учтена пуассонова поперечная деформация и которая требует соответствующей модификации распределения касательных напряжений в поперечном сечении при переходе от стержня к оболочке.

В его монографии (Филин А.П., 1966) уделено внимание ряду принципиальных вопросов теории и практики расчета стержневых систем. Показано, как влияет вид основной системы на меру обусловленности матрицы канонических уравнений и меру устойчивости обратной ей матрицы, а, значит, и на точность вычислений. Рассматривается принципиальный вопрос возможного, а при высокой степени статической неопределимости, необходимого отказа от использования понятий основной системы и систем соответствующих неизвестных. Автор находит удачное сравнение, говоря, что указанные понятия можно уподобить строительным лесам, позволяющим построить здание общих методов расчета. Поскольку здание уже построено, то от лесов можно отказаться. Такой отказ полезен и потому, что позволяет глубже проникнуть в сущность проблемы расчета статически неопределимых стержневых систем, чем при использовании вышеупомянутых понятий. В своей книге А.П. Филин не ограничивается только обсуждением данной проблемы, а формулирует условия, которым должна удовлетворять система линейно независимых вектор-функций, приходящая на смену традиционным понятиям и приводит алгоритм ее построения.

В 1962 – 64 г.г. в Механической лаборатории ЛИИЖТа под руководством и непосредственном участии А.П. Филина с применением упомянутого выше алгоритма был выполнен расчет плотины Ингурской ГЭС (высота 300 м, пролёт 600 м) как оболочки сложной формы. Полученные результаты оказались достаточно близкими к экспериментальным, полученным другими институтами (МИСИ, ВНИИГ).

Подтверждением заслуг А.П. Филина и руководимого им коллектива в ЛИИЖТе в области расчётов с применением ЭВМ явилось Совещание по применению ЭЦВМ в строительной механике, проходившее в пленарно-секционном режиме в ЛИИЖТе и в Ленинградском Доме учёных. Совещание привлекло около 500 участников из более чем сорока городов страны и получило статус Всесоюзной конференции, которой был присвоен первый номер. Это совещание послужило началом проведения ряда одноимённых конференций (в Киеве, Тбилиси, Ташкенте, Таллинне, Ленинграде), на которых А.П. Филин всегда был членом оргкомитета и выступал с пленарным докладом.

К середине 70-х годов в мировой научно-технической литературе, посвященной дискретным расчётным схемам, использовавшимся в механике твердого деформируемого тела, было опубликовано огромное количество трудов. Возникла важная проблема их систематизации. Она была успешно решена. (Филин А.П., 1972) на основе анализа более трёхсот отечественных и зарубежных работ. Особое внимание было уделено путям согласования континуального объекта с дискретным объектом, так как

этот момент является одним из наиболее ответственных этапов всего процесса проектирования.

Методу конечных элементов (МКЭ) посвящена целая серия работ А.П. Филина. В одной из них построен совместный конечный элемент для расчёта сильфонов, не требующий дифференцирования искомых функций. В остальных работах предложены: новый смешанный метод построения базиса; метод построения явных базисных функций, точно воспроизводящих смещение элемента как жёсткого тела; подход к обеспечению совместности при корректном представлении жесткого смещения; комбинированное использование МКЭ и классических прямых методов решения краевой задачи; метод построения базиса, точно описывающего смещение и не зависящего от способа закрепления конечного элемента. Не был оставлен без внимания и вопрос применения МКЭ к пространственной задаче теории упругости.

Проблема алгоритмизации построения систем разрешающих уравнений теории стержневых систем с использованием теории графов нашла отражение в книге (Филин А.П. и др., 1983), вышедшей под общей редакцией А.П. Филина.

Целый ряд новых научных результатов получен А.П. Филиным и в области оптимизации конструкций (мостовых арок, арочных плотин, обделок тоннелей, балок, в том числе на упругом основании), как в линейной, так и в нелинейной постановках. Этой проблеме были посвящены его первые работы, в которых рассматривалась работа мостовых арок. К вопросу оптимизации А.П. Филин возвращался неоднократно, привлекая аппарат вариационного исчисления и линейного программирования. Им была предложена модель пространственной верёвочной сети, автоматически принимающей единственное, статически определимое очертание, соответствующее системе сосредоточенных параллельных сил. Такая сеть является основой для построения рационального очертания срединной поверхности оболочки, что и было использовано А.П. Филиным для отыскания очертания арочной плотины.

Теория оболочек нашла отражение в целом ряде работ (Филин А.П., 1987). Им предложены две теории непологих оболочек (выведены все уравнения), по принципу построения аналогичные теории пологих оболочек. и получены два варианта разрешающих уравнений нелинейной теории осесимметрично деформируемых оболочек вращения.

А.П. Филиным выполнен целый ряд математических работ. Им был предложен метод решения краевой задачи, из которого, как частные случаи, вытекают методы Галёркина и Треффтца, в замкнутом виде решена проблема интерполяции функции нескольких переменных, предложена экономная матричная форма для многократных интегралов.

В последние годы в творчестве А.П. Филина важное место

занимает история вообще и история науки, в частности. Им написаны интереснейшие воспоминания об академиках С.П.Тимошенко, К.С.Завриеве, профессорах А.Н.Митинском и К.Г.Протасове.

В рукописном отделе библиотеки ПГУПСа имеется несколько томов воспоминаний А.П. Филина о его жизненном пути, в том числе и о работе в ЛИИЖТе.

3. Педагогическая деятельность

Преподавательская работа А.П. Филина проходила в пяти перечисленных ранее вузах страны. Пожалуй в ЛИИЖТе, где он проработал дольше всего, талант А.П. Филина – педагога проявился наиболее ярко. Здесь существенным было то, что он начал работать совместно с такими выдающимися педагогами как профессор А.Н. Митинский на кафедре «Статика сооружений» и В.К. Качурин на кафедре «Соппротивление материалов». Последний бережно хранил традиции, сформировавшиеся при Н.М. Беляеве. От них А.П. Филин и принял эстафету, сохраняя всё лучшее, что было до него и на этой основе реализуя новые идеи. Студентам он читал курсы статике сооружений, теории упругости, динамики и устойчивости сооружений. Всем, кому посчастливилось слушать лекции или выступления А.П. Филина, запомнили его как блестящего оратора, умеющего самую сложную проблему изложить в доступной даже для не специалиста форме.

По его инициативе на факультете «Мосты и тоннели» была проделана большая работа по приёму студентов в специальную группу с усиленной механико-математической подготовкой инженеров, предназначавшихся для выполнения научных работ.

В книге ректора ЛИИЖТа Е.Я. Красковского «ЛИИЖТ в пути» 1990 г по этому поводу сказано: “В современных условиях целевой подготовки специалистов по заказам производства представляет интерес опыт мостового факультета 70-х годов по выпуску инженеров с углублённым изучением фундаментальных дисциплин (идеи кафедры строительной механики, проф. А.П. Филин). Специалисты, получившие такую подготовку, направлялись для ведения научных исследований и автоматизированного проектирования искусственных сооружений.”

А.П. Филиным был разработан учебный план для таких спецгрупп, включавший ряд дисциплин в дополнение к дисциплинам обычного плана. К числу их относились: высшая алгебра, вариационное исчисление, приближенные методы математического анализа, теория функций комплексного переменного, теория вероятностей и статистические методы, векторное и тензорное исчисление, аналитическая механика, теория пластин и оболочек, теория моделирования и экспериментальные методы механики.

Введение спецгрупп подняло всю учебную работу кафедры на новый более высокий, уровень. Большинство выпускников спецгрупп активно включились в научную работу и защитили диссертации.

По инициативе профессора А.П. Филина были сделаны реальные шаги (приобретение ЭВМ, создание специализированной лаборатории) к использованию современной вычислительной техники в учебном процессе. В этом вопросе кафедра заняла одно из ведущих мест в стране.

Понадобилась и учебная литература, отвечающая новым требованиям. В соответствии с этим, были написаны необходимые учебники (Филин А.П., 1975) и учебные пособия (Филин А.П., 1971). Они были рассчитаны и на аспирантов, преподавателей и инженеров-прочнистов. Свой опыт преподавания наук прочностного цикла А.П. Филин обобщил в период его работы в ЛКИ (Филин А.П., 1993). Характерной особенностью его книг является обсуждение в них многих вопросов, связанных с физикой явлений, новыми материалами, (Филин А.П., 1978) с применением адекватного математического аппарата, (Филин А.П., 1994) с элементами теории трещин и теории композитов (Филин А.П., 1975) с историей науки и её творцами (Филин А.П., 1993).

4. Заключение

Всего профессором А.П. Филиным опубликовано более 150 работ, из которых 22 – книги, в том числе трёхтомник «Прикладная механика твёрдого деформируемого тела», названный в монографии профессора Н.М. Малинина «Кто есть кто в сопротивлении материалов» энциклопедией науки о прочности.

Своими обширными знаниями А.П. Филин щедро делился со своими ученикам (студентами, аспирантами, соискателями). Под его руководством 56 человек написали и защитили кандидатские диссертации. Из них 13 в дальнейшем стали докторами и профессорами. Сам Анатолий Петрович Филин являлся активным членом диссертационных Советов по защите докторских и кандидатских диссертаций. Он 190 раз выступал официальным оппонентом (из них 60 раз по докторским диссертациям) в 38 Советах в 16 городах.

Анатолий Петрович и сейчас не прерывает интенсивной творческой деятельности. Он завершает работу над книгами «Какова она есть механика твёрдого деформируемого тела?» и «Хронология важнейших открытий в механике твёрдого деформируемого тела». Все почитатели таланта Анатолия Петровича Филина будут с нетерпением ждать выхода их в свет, что наверняка явится ещё одним его новым словом в науке о прочности.

5. Литература

- Филин А.П. Матрицы в статике стержневых систем. -Л.- М.: Стройиздат. – 1966. – 440 с.
- Филин А.П. Приближённые методы математического анализа, используемые в механике твёрдых деформируемых тел.- Л.: Стройиздат. – 1971. – 160 с.
- Филин А.П. Современные проблемы использования ЭЦВМ в механике твёрдого деформируемого тела.- Л.: Стройиздат. –1972. - 72 с.
- Филин А.П. Прикладная механика твёрдого деформируемого тела. Т.1.- М.: Наука. – 1975. – 832 с.
- Филин А.П. Прикладная механика твёрдого деформируемого тела. Т.2.- М.: Наука. – 1978. – 616 с.
- Филин А.П. Прикладная механика твёрдого деформируемого тела. Т.3.- М.: Наука. – 1981. – 480 с.
- Филин А.П., Тананайко О.Д., Чернева И.М., Шварц М.А. Алгоритмы построения разрешающих уравнений механики стержневых систем.- Л.: Стройиздат. – 1983. – 232 с.
- Филин А.П. Элементы теории оболочек. Издание третье. – Л.: Стройиздат. 1987. – 384 с.
- Филин А. П. Введение в строительную механику корабля. – СПб.: Судостроение. – 1993. –640 с.
- Филин А.П. Элементы статики стержневых систем. - СПб.: Изд-во ГМТУ.- 1994. – 362 с.

К ОПИСАНИЮ КЛАССА СМЕШАННЫХ ЗАДАЧ С ПЕРЕМЕННЫМ СОСТАВОМ СВЯЗЕЙ

Н.М.Савкин

Аннотация

Рассматривается класс смешанных задач с изменяющимся в процессе деформации составом и структурой связей. Предлагается подход к решению такого класса задач, основанный на циклической последовательности решения двух известных задач.

Ключевые слова: статически определимые задачи, статически неопределимые задачи, трансформирующиеся механические системы; класс смешанных задач; циклическая последовательность решения двух задач.

Введение

Известно, что возникающие в технике задачи определения напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции в зависимости от расчетной схемы и метода их решения издавна (Кирпичев В.Л., 1934) подразделяются на два класса :

1) класс задач статически определимых (СО), для решения которых используются только уравнения равновесия; особенностью соответствующей механической системы данного класса задач является постоянный в процессе деформации состав и структура связей, обеспечивающие геометрическую неизменяемость;

2) класс задач статически неопределимых (СНО), для решения которых, в дополнение к уравнениям равновесия, используются уравнения совместности деформаций; особенностью соответствующей механической системы второго класса задач является постоянный в процессе деформации состав и структура связей, число которых превышает тот минимум связей, который необходим для образования геометрически неизменяемой СО системы.

Данное деление задач на два класса определено также во всех современных Энциклопедиях, Справочниках проектировщика, конструктора, учебниках для вузов.

Однако в технике давно встречаются механические системы, изменяющие в процессе движения (деформации) по разным причинам состав и структуру связей, элементов. Такие системы называют трансформирующимися (Величенко В.В., 2003). На практике возможны изменения состава и структуры связей таким образом, что СО геометрически неизменяемая система может в процессе упругих

деформаций переходить в СНО систему и наоборот. Подобные статически трансформирующиеся системы невозможно описать ни методами СО задач, ни методами СНО задач. Эта невозможность приводит к необходимости введения третьего, объединяющего и более сложного класса задач – класса смешанных задач. К механическим системам класса смешанных задач как раз и следует отнести все типы трансформирующихся систем. К наиболее распространенным типам трансформирующихся систем относятся: а) системы с односторонними связями, где ограничения на перемещения определены в виде условий-неравенств: элемент конструкции (колесо) свободно опертый на некоторую поверхность (рельс), которая препятствует перемещению в сторону этой поверхности и не запрещает перемещение в противоположном направлении; конструкции с зазорами и люфтами; вантовые системы и др.; б) системы с изменяющимся составом и структурой элементов: аппараты с разделяющимися в определенный момент элементами. Следует отметить, что возникающие повсеместно в инженерной практике задачи данного класса изучены недостаточно, а в учебных программах подготовки инженеров-строителей, - механиков они вообще не представлены.

Для решения некоторых задач данного класса используются подходы, основанные на методах квадратичного программирования (Кузнецов Ю.Н., 1980, Перельмутер В.В., 2002), подходы, основанные на принципе дополненности (Панагиотопулос П., 1989, Ким Т.С., 1989). Практические методы, создаваемые на основе указанных подходов (наиболее изученных) приводят к избыточной универсальности, а алгоритмы математического описания физической инженерной модели оказываются излишне сложными, что затрудняет использовать их в инженерной практике конкретных задач. Кроме того, для представления на базе указанных подходов класса смешанных задач в учебных программах курсов строительной механики, сопротивления материалов втузов потребуется увеличение учебных часов на изложение вариационных основ строительной механики и методов квадратичного программирования. Осуществить такой план, по-видимому, проблематично.

Предлагается подход, основанный на использовании циклической последовательности решения уравнений равновесия (как для СО задач) и уравнений совместности деформаций (как дополнительных для СНО задач) с некоторыми модификациями последних, с применением алгоритма упорядочения разрешающих уравнений и динамического способа исключения неизвестных. Некоторые аспекты предлагаемого подхода изложены в работах автора, указанных в списке литературы.

Для представления класса смешанных задач в учебных программах курсов строительной механики, сопротивления материалов втузов на базе предлагаемого подхода не потребуется заметного увеличения учебных

часов: используемые принципы и теоремы механики, способы составления уравнений равновесия, совместности деформаций и решение задач классическим методом сил входят в рабочие программы по указанным дисциплинам. Ознакомление же студентов с классом смешанных задач повысит их инженерную квалификацию

2. О циклической последовательности решения двух задач.

Полное решение задачи определения НДС упругого тела (конструкции) с постоянным составом лишних связей для дискретных систем, например, с использованием классического метода сил, можно рассматривать, как одноцикловую последовательность решения двух самостоятельных задач (со своими постановками, уравнениями, методами их решения), имеющих совместные неизвестные. Цель первой задачи - определение необходимых перемещений при некоторой заданной нагрузке. Сложность или простота разрешающих уравнений первой задачи - уравнений равновесия (А) зависит от конкретной физической модели конструкции (стержневая, пластинчатая, оболочечная или их комбинации) и характера внешних нагрузок. Цель второй задачи – определение на базе данных решения первой задачи сил реакции в лишних двухсторонних связях решением уравнений совместности деформаций (В), выражающих условие минимума потенциальной энергии линейно–упругой системы. Решением уравнений (А), при использовании уже известных сил реакции, находят, в завершение цикла, полное решение задачи.

Ставится вопрос расширения возможностей приведенной выше циклической последовательности решения уравнений равновесия и уравнений совместности деформаций применительно к смешанной задаче с переменными связями. Для этого потребовались алгоритмы упорядочения уравнений, динамического способа их решения, корректирования результатов на каждом цикле.

3. Формулировка и схема решения задачи.

Комбинированная система уравнений равновесия (А), совместности деформации (В), описывающая смешанную задачу с переменными связями, в самом общем виде может быть записана следующим образом

$$\begin{aligned} \text{(А)} \quad & LW = P+X, \\ \text{(В)} \quad & \delta U = 0, \end{aligned} \tag{1}$$

где P – пространство элементов p , представляющих собой заданную нагрузку, как причину явлений;

X - пространство элементов x , представляющих собой дополнительную нагрузку, являющуюся следствием;

W - пространство элементов w , представляющих собой перемещения и деформации механической системы;

L – оператор, переводящий одно пространство в другое, включает в себя параметры физико-механических характеристик, жесткости при разных видах деформаций, геометрические размеры элементов и т.д.;

δU – приращение потенциальной энергии деформации, выраженной через заданные P и неопределенные X силы линейно-упругой системы.

Для односторонних связей с возможными реакциями X_g и перемещениями W_g должны выполняться неравенства и равенства

$$X_g \geq 0, W_g \geq 0, X_g W_g = 0 \quad (2)$$

Уравнение (А) для определения перемещений может быть представлено в конечно-элементной форме, в форме системы разрешающих дифференциальных уравнений теории оболочек, пластин, стержней. Уравнение (В) доставляет уравнения совместности деформаций.

В первом приближении в (А) принимается $X=0$. После решения уравнений (А) для фиксированной расчетной схемы определяются дискретные значения перемещений в тех точках поверхностей тела, где возможно его соприкосновение с поверхностью другого тела. Из решения уравнений (В) определяются по данным о перемещениях силы реакции в тех же точках поверхности тела на шаге $(t-1)$ и снова решение (А), (В) и т.д. Иерархическая структура линейных алгебраических уравнений (В) на каждом шаге циклической последовательности решения системы (1) формируется процедурой выбора очередности: включения точек поверхности взаимодействия, а также очередности включения каждой поверхности взаимодействия контактирующих тел. При динамическом исключении неизвестных в процессе решения системы (В) при обратном ходе по Гауссу изменяются порядок и структура уравнений для следующего шага итерации, которые продолжаются до тех пор, пока энергетическая норма разности значений потенциальной энергии деформации $U(p, x)$ двух последовательных приближений на шаге t и $t-1$ не станет меньше заданного числа ω .

В случае геометрической нелинейности (для гибкой оболочки, например) используется двухуровневая итерационная процедура, которая заключается в том, что в итерационном процессе при удовлетворении условия равновесия геометрическая нелинейность рассматривается во внешнем цикле, а нелинейность, обусловленная наличием изменяющегося состава и структуры связей, - во внутреннем цикле.

Сопоставления результатов расчета по предложенному подходу решения смешанных задач с переменным составом связей проводились с точными решениями, данными тестовых примеров (Перельмутер А.В. и др, 2002.), рекомендуемых пользователям и разработчикам программных комплексов протестировать программы, декларирующие в своей документации способность рассчитывать системы с односторонними связями. Результаты сопоставления оказались хорошими.

4. Заключение

Предложено ввести кроме известных СО и СНО классов задач с постоянным составом связей еще один, третий, объединяющий и более сложный - класс смешанных задач (СМЗ) с изменяющимся составом связей, необходимый для описания часто встречающихся на практике СНО механических систем, которые при нагружении в пределах упругих деформаций могут переходить в СО системы и наоборот. Предложенная циклическая последовательность решения уравнений равновесия и уравнений совместности деформаций для решения смешанной задачи дает возможность по единому алгоритму рассматривать стержневые, пластинчатые и оболочечные конструкции с переменным составом связей.

С точки зрения приложений смешанные задачи с изменяющимся составом и структурой связей, элементов в процессе деформации требуют к себе особо пристального внимания. Их решение методами классической СНО задачи с постоянным составом и структурой связей (что нередко по традиции допускают) может привести к грубым ошибкам в расчетах прочности конструкций и стать причиной аварийных ситуаций.

5. Литература

- Кирпичев В.Л. Лишние неизвестные в строительной механике. Расчет статически неопределимых систем. Гос. Техничко-теоретическое изд-во, М-Л 1934 с. 140.
- Величенко В.В. Механика трансформирующихся систем. //Доклады РАН. 2003.т. 388. №6. с.149-150.
- Кузнецов Ю.Н., Кузубов В.И., Волощенко А.Б. Математическое программирование, М.: Высшая школа, 1980. 300с.
- Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / Киев: Изд-во «Сталь», 2002. 600с.
- Панагиотопулос П. Неравенства в механике и их приложения. Выпуклые и невыпуклые функции энергии/ М.: Мир, 1989. 492 с.
- Ким Т.С., Яцура В.Г. Расчет систем с односторонними связями как задача о дополнителности / Строительная механика и расчет сооружений. 1989. №3. с. 41-44.
- Савкин Н.М. Приближенный метод самокорректирующейся упругой расчетной схемы и некоторые его приложения. Всесоюз. конф. «Современные методы и алгоритмы расчета и проектирования строительных конструкций с использованием ЭВМ», Тез. докл., Таллин, 1979, с.73-74.
- Савкин Н.М. К решению конструктивно-нелинейных задач методом подвижного равновесия.// Исследования по механике материалов и конструкций/ Вып.7/ - СПб: ПГУПС, 1994,-с.73-80, Деп. в ВИНТИ 30.03.1995, №884-В95.
- Савкин Н.М. Об одном подходе к решению дифференциальных уравнений применительно к механическим системам с изменяющейся расчетной схемой// Исследования по механике материалов и конструкций/ Вып.9/ -СПб: ПГУПС, 1996,-с.143-152, Деп. в ВИНТИ 21.04.1997, №1327-В97.
- Савкин Н.М. К обобщению метода подвижного равновесия на условия смены технологических, наработочных и переходных состояний транспортных конструкций/ Сб. трудов ;4-й Междун. конф.»Проблемы прочности материалов и сооружений на транспорте»,- СПб, 1999, 232 с.

МЕТОД ФИЛЬТРАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОБЩЕННОЙ ФУНКЦИИ РЕГРЕССИИ

В.А. Ходаковский, Д.Г. Бетенев

Аннотация

Рассмотрен метод нахождения статистических оценок производных разных порядков случайных процессов. На основе таких оценок и использовании функции регрессии, представляемой в виде функции Тейлора, строится фильтр, эффективность работы которого существенно выше по сравнению с другими низкочастотными фильтрами.

Разработанный фильтр применялся при обработке данных о состоянии пути, получаемых по диаграммам путеизмерителя, для нахождения неискаженных шумом натуральных значений контролируемых параметров.

Ключевые слова: диаграмма путеизмерителя; тренд; шум; весовая функция; оценка производной; производящая функция, фильтр; эффективность.

Введение

В ходе проверки железнодорожного пути главной задачей является получение значений контролируемых параметров, которые максимально точно соответствуют натуральным. Диаграммы, получаемые путеизмерителем, содержат не только информацию о состоянии пути, но и некоторые другие составляющие. В общем виде аддитивную модель процесса, описываемого диаграммой путеизмерителя по каждому контролируемому параметру, можно представить следующим образом:

$$Y(x) = Z(x) + V(x), \quad (1)$$

где $Z(x)$ - случайная функция состояния пути, содержащая внутренние, связанные со значениями параметров закономерности и имеющая плавный характер изменения (тренд).

- $V(x)$ - случайная составляющая с быстрым характером изменения (шум).

Для правильной идентификации причин и принятия мер по предотвращению ухудшения состояния пути необходимо выделять тренд, чтобы по нему определять натуральное состояние контролируемого параметра. Поэтому необходим метод анализа случайных процессов, описываемых диаграммами путеизмерителя, который позволяет:

1) Выявлять и оценивать трендовые составляющие по каждой характеристике состояния пути.

2) Отсеивать (фильтровать) быстро изменяющиеся компоненты, вызванные погрешностями измерений и другими причинами.

3) При фильтрации не искажать форму анализируемых случайных процессов.

В данной работе предлагается метод фильтрации процессов с использованием обобщенной функции регрессии и специального фильтра, связанного с этой обобщенной функцией.

1. Построение фильтра на основе формулы Тейлора

Кривая состояния участка пути в каждый момент его проверки по выбранному параметру представляет реализацию случайной функции, зависящей от координаты рассматриваемого участка. Обозначим ее $f(x)$.

Если бы функция $f(x)$ имела в каждой своей точке n производных, то ее можно было бы представить в виде функции Тейлора. Такое представление позволяет предсказать значение функции $f(x)$ в точке (с).

Для более точного приближения значения функции $f(x)$ в точке (с) и учета ее развития по обе стороны этой точки, необходимо получить среднее арифметическое прогнозов относительно границ отрезка $[a;b]$ в середину этого отрезка в точку прогноза (с):

$$f(c) = \left[f(a) + \dots + \frac{f^{(n)}(a)}{n!} \cdot (-a)^n + f(b) + \dots - \frac{f^{(n-1)}(b)}{(n-1)!} \cdot (-b)^{n-1} + \frac{f^{(n)}(b)}{n!} \cdot (-b)^n \right] / 2, \quad (2)$$

где a – точка, относительно которой производится прогноз значения процесса вперед;

b – точка, относительно которой производится прогноз значения функции назад;

n – порядок производной.

На рис. 1 схематично представлен процесс прогноза, описываемый формулой (2).

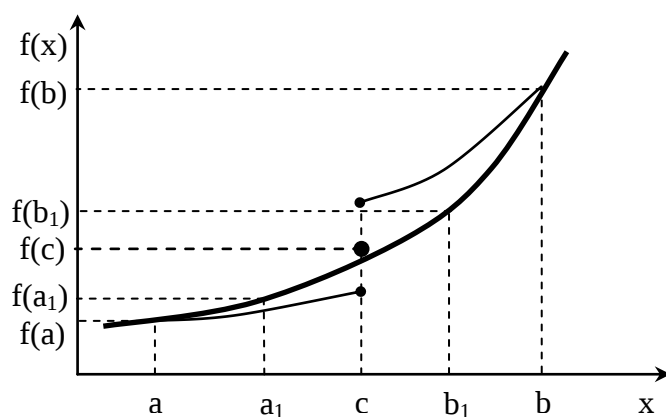


Рис. 1. Прогноз значения функции $f(x)$ в точке (с)

Таким образом, используя формулу (2), по значениям контролируемого параметра в окрестностях выбранной точки можно точно

прогнозировать величину параметра в этой точке. Если подобный прогноз осуществлять последовательно в каждой точке пути, то будет происходить процесс фильтрации, который заключается в том, что неровности, ширина которых меньше длины отрезка $[a;b]$, будут сглаживаться.

Но так как функция $f(x)$ может быть не дифференцируема в каждой точке из-за случайности характера, то применение предложенного способа к фильтрации процессов, описывающих состояние пути по контролируемым параметрам, осложняется.

Решить данную проблему можно с помощью замены слагаемых в формуле (2) соответствующими статистическими оценками, такими как:

- скользящее среднее процесса;
- скорость изменения (первая производная) скользящего среднего процесса;
- ускорение (вторая производная) скользящего среднего процесса и т.д.

Формула для нахождения первой из перечисленных оценок в общем виде для дискретного случая выглядит так:

$$\tilde{f}(x) = \sum_{\tau=x-\Delta}^{x+\Delta} f(x) \cdot h(\tau - x), \quad (3)$$

где Δ – полуинтервал усреднения;

$h(\tau)$ – весовая функция, обладающая свойством нормировки:

$$\sum_{\tau=-\Delta}^{\Delta} h(\tau) = 1. \quad (4)$$

Оценка скользящего среднего хорошо известна и часто используется в статистическом оценивании. Остальные указанные оценки являются оценками производящих функций из весовой функции $h(\tau)$. Рассмотрим метод их нахождения.

2. Получение оценок производящих функций

Пусть необходимо оценить значение производной функции $f(x)$ по двум независимым измерениям на интервале $[a, b]$ (рис. 1).

В соответствии с одной из теорем математического анализа о среднем, в частности с теоремой Лагранжа, если функция $f(x)$ непрерывна на отрезке $[a, b]$ и имеет производную в точке c внутри этого отрезка, то

$$f'(c) = \frac{f(b) - f(a)}{b - a}. \quad (5)$$

Интервал $d = b - a$ должен быть достаточно велик, чтобы получить минимальную погрешность оценки искомой функции в точке и достаточно мал, чтобы получить минимальную погрешность оценки производной.

Для устранения влияния шума и получения независимых (относительно шума) измерений достаточно разделить заданный интервал на две равные части $[a, c]$, $[c, b]$ и по каждой из них получить оценку

среднего значения $f(a_1)$ и $f(b_1)$. Тогда оценка производной может быть получена по формуле:

$$\tilde{f}'(x) = \frac{\tilde{f}(b_1) - \tilde{f}(a_1)}{b_1 - a_1} = \frac{\frac{1}{b-c} \cdot \sum_{x=c}^{x=b} f(x) - \frac{1}{c-a} \cdot \sum_{x=a}^{x=c} f(x)}{b_1 - a_1} = \frac{1}{\Delta^2} \cdot \sum_{x=a}^{x=b} f(x) \cdot h(x,0)^{(1)} = K(1,1) \cdot \sum_{x=a}^{x=b} f(x) \cdot h(x,0)^{(1)}, \quad (6)$$

где $\Delta = (b-a)/2 = b-c = c-a$.

$$h(x,0)^{(1)} = \begin{cases} \text{Если } x < c, \text{ то } h(x,0)^{(1)} = -1 \\ \text{Если } x > c, \text{ то } h(x,0)^{(1)} = 1 \\ \text{Иначе } h(x,0)^{(1)} = 0 \end{cases}. \quad (7)$$

Аналогично находятся производные высших порядков.

Таким образом, можно вывести общую рекурсивную формулу вычисления весовых функций для производных разных порядков:

$$h(x,l)^{(n)} = \begin{cases} \text{Цикл: } i = 0 \dots n \\ \text{Если } i = 0, \text{ то} \\ \quad \text{Если } (l-1) \cdot \Delta < x < (l+1) \cdot \Delta, \text{ то } h(x,l)^{(i)} = 1 \\ \quad \text{Иначе } h(x,l)^{(i)} = 0 \\ \text{Иначе} \\ \quad \text{Если } (l-i-1) \cdot \Delta < x < (l+i+1) \cdot \Delta, \text{ то} \\ \quad \quad h(x,l)^{(i)} = h(x,l+1)^{(i-1)} - h(x,l-1)^{(i-1)} \\ \quad \text{Иначе } h(x,l)^{(i)} = 0 \end{cases}, \quad (8)$$

где l - уровень сдвига.

При этом коэффициенты к соответствующим весовым функциям вычисляются по формуле:

$$K(n,l) = \frac{\prod_{i=2}^{n+1} 2^i}{\lfloor \frac{n+1}{2} \rfloor! \cdot d^{\lfloor \frac{n+1}{2} \rfloor}}. \quad (9)$$

Уровень сдвига обозначает интенсивность увеличения ширины интервала, на котором вычисляется производная, при росте порядка вычисляемой производной. При построении фильтра для сохранения качества его работы наиболее рационально применять уровень сдвига равный порядку производной, то есть в формулах (8) и (9) должно быть $l = n$.

Разработанный математический аппарат применялся для обработки данных о состоянии пути, получаемых путеизмерителем в ходе его проверки.

3. Фильтрация результатов проверки состояния пути

Для сравнительного анализа работы фильтра в качестве исходной весовой функции с целью устранения явления Гиббса использовалась функция Кейзера-Бесселя со стандартными первоначальными коэффициентами.

Установлено, что наиболее эффективно применение фильтра с использованием производных до 4-го порядка включительно, так как при использовании в фильтре меньшего количества производных качество его работы практически не отличается от качества работы других фильтров, а при большем – форма отфильтрованных данных приближается к форме исходных, из-за чего понижаются отсеивающие способности фильтра. На рис. 2 представлены графические изображения ширины колеи 13 км. 3-го пути Октябрьской железной дороги по состоянию на 3 июля 2003г. и результаты фильтрации данных весовой функцией Кейзера-Бесселя и построенного фильтра 4-го порядка с шириной интервала фильтрации $d = 10$ м.

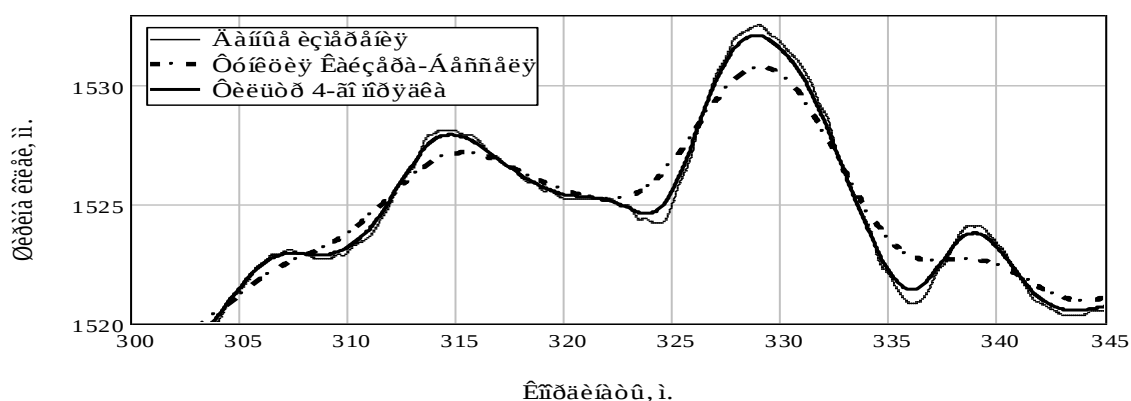


Рис. 2. Результаты измерений ширины железнодорожной колеи

При обработке результатов проверки пути средняя эффективность применения разработанного фильтра 4-го порядка по сравнению с применением весовой функции Кейзера-Бесселя по критерию среднеквадратического отклонения отфильтрованных данных от исходных составило около 2.5. При увеличении ширины окна фильтрации указанная эффективность растет.

4. Заключение

Разработанный метод вычисления оценок производных позволяет строить фильтр, основанный на формуле Тейлора. Как показали исследования, такой фильтр имеет несколько преимуществ по сравнению с другими: во-первых, высокую эффективность работы; во-вторых, гибкость в настройке уровня отсеивания шумовых составляющих случайного процесса путем изменения количества используемых в фильтре производных.

Дальнейшие исследования авторов направлены на применение оценок производных для построения функций прогноза и использование этих оценок в качестве дополнительных характеристик случайного процесса.

Автоматизация прогнозирования и регистрации движения поездов на АРМ поездных диспетчеров участков, не оборудованных системами диспетчерского контроля или диспетчерской централизации

Г.М. Грошев

канд. техн. наук, ст. научн. сотр., доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой»

Д.В. Миронов

Главный специалист института «ГИПРОТРАНССИГНАЛСВЯЗЬ»

Аннотация

Сформулированы требования к прогнозированию и регистрации движения поездов на участках, не оборудованных системами диспетчерского контроля (ДК) или диспетчерской централизации (ДЦ). Такие участки составляют около трети общей протяженности сети и железных дорог страны.

Изложены основные методические положения диалога диспетчера на АРМ при автоматизации разработки и ведения графиков. Описаны возможности опытного образца программного комплекса, реализующего функции прогнозирования и регистрации движения поездов.

Ключевые слова: автоматизация, диспетчерское управление, железнодорожный участок; движение поездов; прогнозный график; график исполненного движения.

Введение

Поездные диспетчеры (ДНЦ) являются непосредственными организаторами поездной и грузовой работы на участках и в узлах.

Автоматизация разработки и корректировки прогнозных графиков и ведения графиков исполненного движения поездов в масштабе реального времени имеет решающее значение для повышения производительности труда и качества их регулировочной деятельности.

Методики и алгоритмы автоматизации ведения в масштабе реального времени графиков исполненного движения поездов (ГИД), разработки и корректировки прогнозных графиков движения поездов (ПГДП) для АРМ поездных и узловых диспетчеров на базе компьютерных систем автоматического съема информации о перемещении подвижных единиц с устройств ЖАТ станций и перегонов и связи с АСОУП достаточно глубоко проработаны, широко освещены в печати, в частности (Грошев Г.М., 1989; Грошев Г.М., Башилов А.С., 1987; Грошев Г.М. и др., 1999; Зябиров Х.Ш. и др., 2003), и реализованы на многих АРМ поездных диспетчеров.

Однако проблема эффективной автоматизации динамической разработки и ведения графиков движения поездов является не менее актуальной и для многочисленных диспетчерских участков, не оснащенных ДК или ДЦ. Они составляют около трети общей протяженности сети железных дорог страны.

1. Требования к автоматизированному режиму ведения ГИД

Первоначальные требования к автоматизации разработки и ведения графиков движения на АРМ ДНЦ на участках, не оснащенных ДК или ДЦ, изложены авторами данной статьи в п. 9.4.4 Руководящего документа «Типовые требования к Единым диспетчерским центрам управления перевозками (ЕДЦУ)» (Ипатов В.В. и др., 1999).

При ведении ГИД на АРМ ДНЦ в автоматизированном режиме должны обеспечиваться следующие возможности:

- ведение ГИД на участках с любой технической оснащенностью и любой топологией;
- работа АРМ как в локальном режиме, так и в составе дорожного диспетчерского центра управления перевозками;
- использование локальной базы данных и базы данных коллективного пользования;
- получение контекстно-зависимой помощи;
- доступ и представление данных нормативного графика движения;
- автоматический контроль допустимости вводимых данных и обеспечение корректности данных в локальной базе данных;
- ввод и корректировка диспетчерских расписаний движения поездов;
- ввод и корректировка оперативных данных состояния диспетчерского участка;
- вывод на экран, формирование и корректировка поездного положения на участке;
- формирование и использование текстовых сообщений и звуковых сигналов для выделения событий, требующих привлечения внимания ДНЦ;
- формирование архивных данных и их использование при восстановлении после сбоев и отказов в работе системы;
- настройка интерфейса по желанию пользователей.

Автоматизация ведения ГИД должна обеспечиваться на основе автоматического, циклического контроля средствами АРМ времен свершения запланированных событий по прогнозному графику относительно текущего поездного положения в процессе выполнения следующих действий:

- при выборе режима автоматизированного ведения ГИД на экран дисплея выводится текущее поездное положение, по которому ДНЦ осуществляет контроль за движением поездов;
- при выявлении момента наступления события отправления, прибытия или появления поезда на участке по данным прогнозного графика, АРМ выдает запрос на подтверждение со стороны ДНЦ факта свершения

события (одновременно может выводиться несколько запросов о подтверждении событий с несколькими поездами);

- при фактическом свершении события (событий) ДНЦ на основании данных, получаемых от ДСП станций, подтверждает его (их) свершение путем нажатия соответствующей клавиши.

При получении подтверждения от ДНЦ факта свершения события, АРМ автоматически:

- осуществляет перемещение номера поезда на поездном положении на перегон (при отправлении поезда) или путь станции (при прибытии поезда на станцию);

- выводит номер поезда на стыковом перегоне или пути станции (при приеме поезда по стыку или отправлении поезда со станции формирования);

- фиксирует событие с поездом в ГИД.

Если данные о свершении события (событий) с поездами отсутствуют, ДНЦ не вводит в АРМ сообщения о подтверждении событий с поездами.

Не подтвержденные ДНЦ запросы переходят в состояние отложенных, по ним АРМ начинает фиксировать опоздание.

При получении от дежурных по станциям данных о свершении событий, ДНЦ выбирает отложенные запросы и подтверждает их свершение.

При получении подтверждения со стороны ДНЦ на отложенные события, АРМ:

- фиксирует время опоздания поезда относительно прогнозного графика;

- осуществляет перемещение номера поезда на поездном положении;

- фиксирует событие в ГИД.

При выявлении событий, связанных с движением поездов, и ошибок при вводе данных в АРМ, для привлечения внимания ДНЦ должны формироваться текстовые сообщения и звуковые сигналы.

2. Требования к автоматизации разработки ПГДП

При разработке ПГДП на АРМ ДНЦ на участках, не оборудованных ДК или ДЦ, должны обеспечиваться следующие возможности:

- формирование ПГДП;

- формирование вариантов ПГДП;

- просмотр прогнозного графика в графической и табличной форме;

- ведение архива ПГДП.

Формирование ПГДП должно осуществляться при включении поездным диспетчером режима формирования прогнозного графика с использованием следующих оперативных исходных данных:

- текущего положения всех поездов на участке;

- планов отправления поездов со станций участка на ближайшие 3-4 часа;

- планов подходов поездов к стыковым станциям участка на ближайшие 3-4 часа;

- об «окнах» и ограничениях, действующих и планируемых на участке;

- о выключенных из поездной работы путях станций;
- о периоде планирования, задаваемого ДНЦ.

При запуске на реализацию, функция формирования ПГДП должна выполняться автоматически. Формирование ПГДП должно выполняться на основе моделирования движения поездов по участку. При этом должны использоваться оперативные и нормативные данные, обеспечиваться условия безопасности движения поездов. Расчет вариантов ПГДП должен выполняться на основе задаваемых ДНЦ вариантов исходных данных с целью оптимизации ПГДП по критерию минимума задержки поездов на участке.

Для каждого из сформированных вариантов ПГДП должна обеспечиваться возможность его просмотра в графическом и табличном виде.

Для использования в работе выбирается один из полученных вариантов прогнозного графика.

3. Возможности опытного образца программного комплекса прогнозирования и регистрации движения поездов на участках, не оборудованных системами ДК и ДЦ

Этот программный комплекс создавался для отработки алгоритмов прогнозирования, моделирования, автоматизированного ведения ГИД на таких участках и технологии взаимодействия ДНЦ с АРМ.

Опытный образец программного комплекса обеспечивает:

- формирование списка пользователей – ДНЦ;
- ведение базы данных (БД) нормативно-справочной информации;
- формирование особых отметок;
- формирование и ведение БД нормативного графика;
- ведение БД диспетчерских расписаний пропуска поездов;
- формирование ПГДП;
- просмотр всех видов графиков в табличной или в графической форме;
- слежение за поездной ситуацией с одновременным формированием ГИД и его БД;
- формирование архива ГИД за любое количество суток.

Укрупненный алгоритм работы ДНЦ при использовании данного программного комплекса представлен на рисунке.

4. Заключение

Прогнозирование пропуска и регистрация движения поездов по участкам и узлам – наиболее важные и трудоемкие диспетчерские функции, занимающие до 30-50 % рабочего времени.

Прогнозные графики пропуска поездов на несколько часов вперед на базе автоматического моделирования их движения в масштабе реального

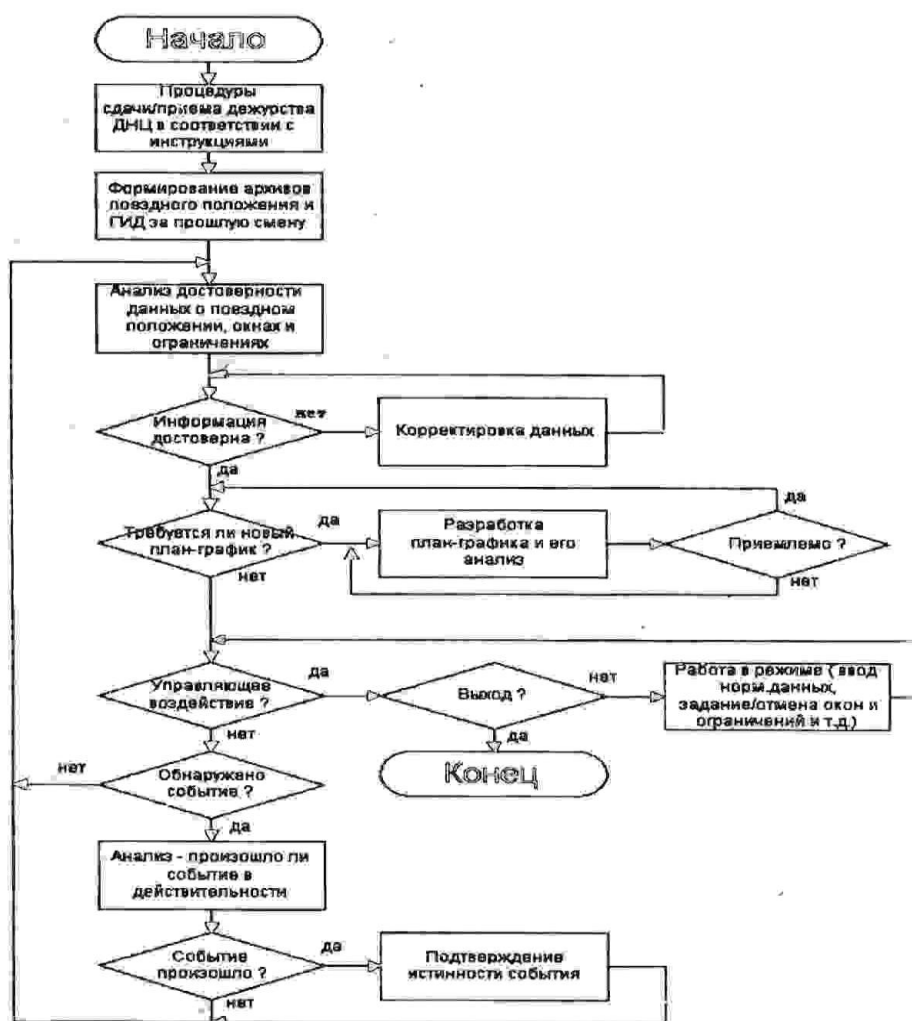


Рис. Укрупненный алгоритм работы ДНЦ

времени – важнейший инструмент для реализации стратегии предупредительного регулирования по отклонениям и минимизации задержек поездов: участковая скорость может быть повышена не менее чем на 2,5-3,5 %.

Полноценная автоматизация этих функций – самые актуальные задачи при создании и развитии каждого АРМ ДНЦ.

5. Литература

- Грошев Г.М. Автоматизация диспетчерского текущего планирования пропуска поездов по участкам. Материалы 36-й научной конференции ХаБИИЖТ, 1989. с. 47-48.
- Грошев Г.М., Башилов А.С. Основные положения методики автоматизации оперативного текущего прогнозирования пропуска поездов по двухпутным участкам. Молодые ученые, аспиранты и докторанты ПГУПС. Межвузовский сб. науч. тр. ПГУПС, 1997. с. 35-42.
- Грошев Г.М., Башилов А.С., Ипатов В.В. Руководящий документ «Типовые требования к регистрации, отображению, прогнозированию, учету и анализу движения поездов в автоматизированных системах диспетчерского контроля и управления (ДК, ДЦ) на диспетчерских участках и в железнодорожных узлах». Утв. МПС РФ 25.06.99. МПС РФ. 1999. 78 с.
- Зябиров Х.Ш., Кузнецов Г.А., Шевелев Ф.А. и др. ГИД «Урал-ВНИИЖТ». Автоматизированная система оперативного управления эксплуатационной работой. Железнодорожный транспорт. 2003. № 4. с. 36-44.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВЕРИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

А. А. Корниенко, М. А. Еремеев, М. Л. Глухарёв

Аннотация

Верификация программных средств проводится с целью в них обнаружения случайных ошибок и преднамеренных программных закладок. Рассматриваются задачи, решаемые автоматизированной системой проведения верификации; принципы построения и функционирования автоматизированной системы проведения верификации и структура её подсистем.

Ключевые слова: недеklarированные возможности в программном обеспечении; верификация программных средств; автоматизированная система проведения верификации; статический анализ, динамический анализ.

Введение

В современных условиях развития сетевых технологий наряду с общепринятыми свойствами, характеризующими качество программного обеспечения (ПО), на передний план выдвигается *“отсутствие недеklarированных возможностей”* (НДВ) в программной системе. Наличие НДВ порождает уязвимости, которые отрицательно влияют на надёжность и устойчивость функционирования систем. В общем случае, НДВ подразделяются на *случайные* и *преднамеренные* [4]; случайные НДВ порождаются вследствие ошибок разработчиков, преднамеренные – умышленно внедряются в ПО при его разработке. К преднамеренным НДВ относятся *проектные, алгоритмические* и *программные закладки*. Такие НДВ представляют наибольшую опасность, особенно для сетевых информационных технологий и мобильных устройств.

Обнаружение, регистрирование и устранение НДВ производится в процессе верификации ПС [1 – 3]. *Верификацией* называется процесс проверки и доказательства корректности разработанной программы по отношению к совокупности формальных утверждений, представленных в программной спецификации и полностью определяющих связи между входными и выходными данными этой программы. Для достижения высокого качества функционирования программ необходимо применять упорядоченный ряд взаимодействующих методов верификации и тестирования, различающихся целевыми задачами, проверяемыми компонентами программы и способами оценки результатов. В широком

смысле такие действия, как тестирование и отладка, статический анализ исходных и исполняемых кодов, а также динамический анализ откомпилированного ПО являются верификационными по своему характеру.

Исследования показывают, что невозможно создать универсальный алгоритм верификации, который охватывал бы все классы программных средств. Возможность автоматизации данного процесса появляется при полной и точной формализации всех условий и связей между входными и результирующими данными.

1. Задачи и принципы построения автоматизированной системы верификации программного обеспечения

Назначение рассматриваемой *автоматизированной системы проведения верификации* (АСПВ) ПО состоит в анализе ПО на предмет содержания в его составе элементов НДВ, представляющих угрозу вычислительной среде компьютерной системы.

Основные задачи АСПВ условно структурируются в три группы: *задачи преданализа, задача синтеза и задача собственно анализа.*

Преданализ проводится с целью вычленения элементов НДВ из состава ПО и включает две задачи:

1. Верификацию ПО как доказательство принадлежности содержащихся в нем элементов НДВ к уже известным классам, что позволит исключить целый ряд ненужных исследований известных для лаборатории обнаружения НДВ.

2. Спецификацию НДВ как процесс формирования структуры НДВ на функциональном уровне, в терминах концептов.

Решение задачи синтеза – модельный синтез НДВ – осуществляется как процесс создания программного образа (модели) выделенного НДВ по его концептуальной модели, созданной в режиме спецификации.

Собственно анализ есть процесс исследования либо реальной программы НДВ, либо его модельного представления. Он включает в себя исследование алгоритмов воздействия НДВ на элементы вычислительной среды, а также механизмов маскировки своего присутствия в среде.

Принципы построения АСПВ ПО следующие.

1. Принцип разбиения АСПВ на две подсистемы. За преданализ и алгоритмический анализ НДВ отвечает подсистема анализа, реализуемая в виде двух модулей (каждый модуль отвечает за решение отдельной задачи: преданализа и анализа НДВ). Модельный синтез НДВ осуществляется подсистемой синтеза (рис. 1).

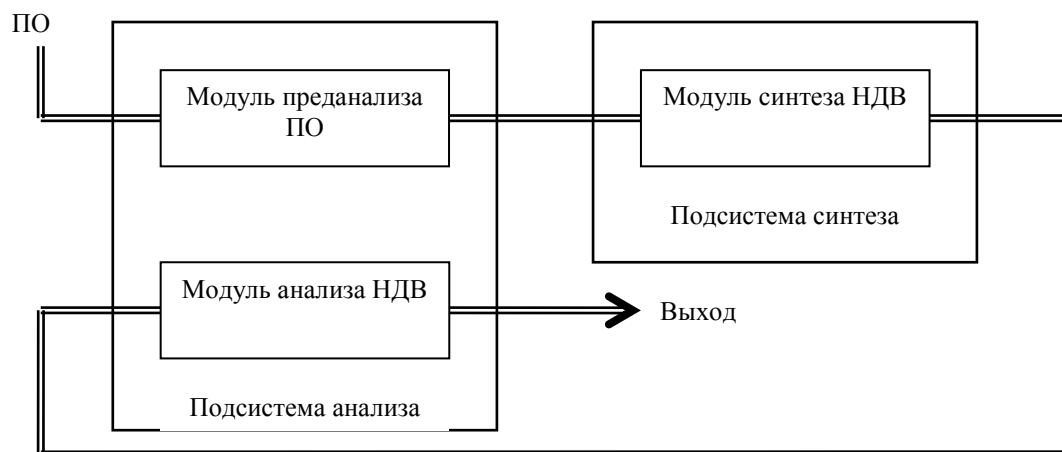


Рис. 1. Схема основных подсистем автоматизации обнаружения НДВ

2. Принцип интеллектуализации. Объединение двух различных по своему принципу процессов анализа в одну подсистему требует введения в ее состав, по крайней мере, двух модулей - спецификатора задач анализа и построителя программ анализа. Указанные модули характерны для интеллектуальных программных систем.

3. Принцип реализации процесса анализа с применением методов статического и динамического анализа ПО.

При этом под статическим анализом понимается исследование программы на уровне исполняемых кодов. Основными методами анализа в этом случае будут:

1. Лексический анализ, как поиск сигнатуры элементов НДВ – лексем в шестнадцатичном представлении.

2. Синтаксический анализ, как поиск алгоритмических образов основных и дополнительных элементов НДВ, согласно принципам концептуального представления НДВ.

Динамический анализ рассматривается в АСПВ как исследование поведения программы (в случае преданализа) или модели НДВ (в случае собственно анализа) в эмулированной операционной среде.

2. Структура системы автоматизации обнаружения недеklarированных возможностей

Возможная структура автоматизированной системы проведения верификации и обнаружения НДВ схематично представлена на рис. 2.

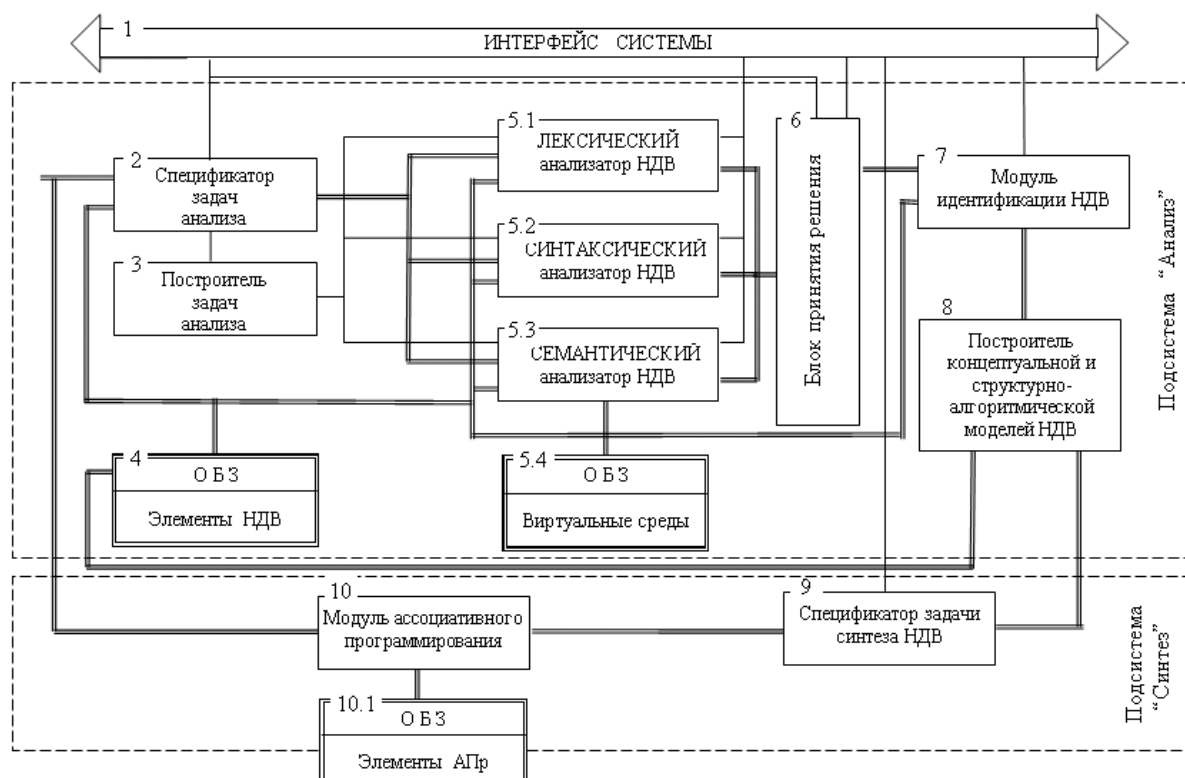


Рис. 2. Структура системы обнаружения НДВ

Диалог с пользователем поддерживается системой с помощью интерфейса (см. поз. 1 на рис. 2), на который имеют выход все модули, реализующие функцию управления.

Спецификатор задач анализа (рис. 2, поз. 2) предназначен для конкретизации задач АСПВ путем согласования цели исследования с установленным для АСПВ набором типовых задач. При этом под типовой задачей понимается конкретный алгоритм исследования, позволяющий получать некоторый частный результат.

Построитель задач (рис. 2, поз. 3) служит для преобразования набора типовых задач, полученного спецификатором, в программу анализа. Поддержку принятия решений по алгоритмам работы рассмотренных модулей обеспечивает база знаний АСПВ (рис. 2, поз. 4). База знаний определяет деятельность обеих подсистем АСПВ и тем самым занимает ключевое положение. Поэтому очень существенную роль играет выбор способа представления и обработки знаний по НДВ в базе.

Результаты исследований от анализаторов (рис. 2, поз. 5.1, 5.2, 5.3) поступают в блок принятия решений (рис. 2, поз. 6). Этот блок либо по собственным алгоритмам, либо с помощью человека-исследователя (посредством интерфейса) координирует работу подсистемы анализа в соответствии с целью исследования и получаемым результатом.

Модуль идентификации НДВ (рис. 2, поз. 7) предназначен для структурирования поступающей от анализаторов информации. В случае,

когда проведенный процесс исследования не позволяет адекватно решить задачу идентификации элемента НДВ, модуль формирует запрос через блок принятия решения на корректировку программы анализа, организуя обратную связь в подсистеме.

Работу подсистемы анализа завершает построитель концептуальной (на уровне протокола описаний) и структурно-алгоритмической (на уровне графа-алгоритма) моделей НДВ (рис. 2, поз. 8). Одновременно происходит пополнение общей базы знаний АСПВ информацией по выявленному и исследуемому НДВ.

Спецификатор задач подсистемы синтеза (рис. 2, поз. 9) выполняет функции, аналогичные спецификатору подсистемы анализа. Здесь типовыми будут задачи практической реализации моделей НДВ.

Собственно реализации модели осуществляет модуль ассоциативного программирования (рис. 2, поз. 10). Предполагается, что в основу его работы будет положен подход, аналогичный ассоциативной стратегии индуктивных выводов, который состоит в следующем. По концептуальному представлению элемента НДВ осуществляется поиск в базе знаний "Элементы ассоциативного программирования" (рис. 2, поз. 10.1) адекватных программных реализаций. Далее, по структурно-алгоритмическому представлению того же элемента, реализуется уточнение и окончательный выбор программной версии элемента. В итоге, по концептуальному и структурно-алгоритмическому представлению происходит последовательный синтез НДВ.

Как уже было сказано, исследование НДВ в АСПВ завершается возвратом в подсистему анализа, но уже для целенаправленного изучения конкретных механизмов работы НДВ.

3. Заключение

Перспективой для развития АСПВ НДВ является введение дополнительных функций по исследованию систем и средств защиты как элементов вычислительной среды, так и операционной среды вычислительной системы в целом. Причем исследование может предполагать испытание рассматриваемой системы защиты на атаки НДВ различных принципов действия, а генерацию последних может осуществлять подсистема их синтеза.

Библиографический список

1. Ершов А. П. Введение в теоретическое программирование. -М.: Наука.-1972.
2. Липаев В. В. Проектирование математического обеспечения АСУ.- М.: Сов. Радио, 1977. – 400с.
3. Липаев В. В. Качество программного обеспечения .- М.: Финансы и статистика, 1983. – 263с.
4. Ключевский Б. Программные закладки // Системы безопасности, связи и телекоммуникаций, №22, 1998. – с. 60-66.

ПРИМЕНЕНИЕ ОТРАСЛЕВОГО ФОРМАТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА УСТРОЙСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ПРИЛОЖЕНИЙ

Д.В. Седых, С.А. Суханов

Аннотация

В данной статье рассмотрены проблемы интеграции приложений и методы их решения. Рассмотрены существующие форматы обмена технической документацией в отрасли. Предложено использовать в качестве интеграционного решения - отраслевой формат технической документации на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики на основе языка Extensible Markup Language (XML).

Ключевые слова: отраслевой формат; техническая документация; интеграция приложений; система автоматизированного проектирования; XML; SVG; DXF; XSL; АРМ-ПТД; АРМ-ВТД; САПР-СЦБ; АСУ-Ш2

Введение

В настоящее время в связи с реформацией хозяйства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) был создан ряд систем, автоматизирующих отдельные технологические процессы в хозяйстве СЦБ. Это системы для проектирования и ведения технической документации. Сейчас существуют две наиболее крупные системы: Автоматизированное рабочее место проектировщика технической документации (АРМ-ПТД) разработки ПГУПС и Система автоматизированного проектирования разработки института Гипротрансигнальсвязь (САПР-ГТСС). При проектировании устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) возникает необходимость работать с множеством видов схем, чертежей, а также различными видами таблиц, при этом САПР состоит из различных модулей, которые обмениваются между собой данными. Структура построения АРМ-ПТД представлена на рисунке 1 (Стрелочками показан обмен информацией между соответствующими модулями системы).

Для ЖАТ можно выделить также две наиболее крупные системы, которые непосредственно не связаны с процессом создания и сопровождения технической документации, — это «комплексная система управления хозяйством сигнализации, централизации и блокировки второго поколения» (АСУ-Ш2) и ряд геоинформационных систем (ГИС).

То есть в настоящее время уже существуют системы для реализации технологических процессов хозяйства СЦБ. При этом передача данных внутри систем достаточно автоматизирована, но методология построения данных систем не учитывает требования обмена данными между ними.

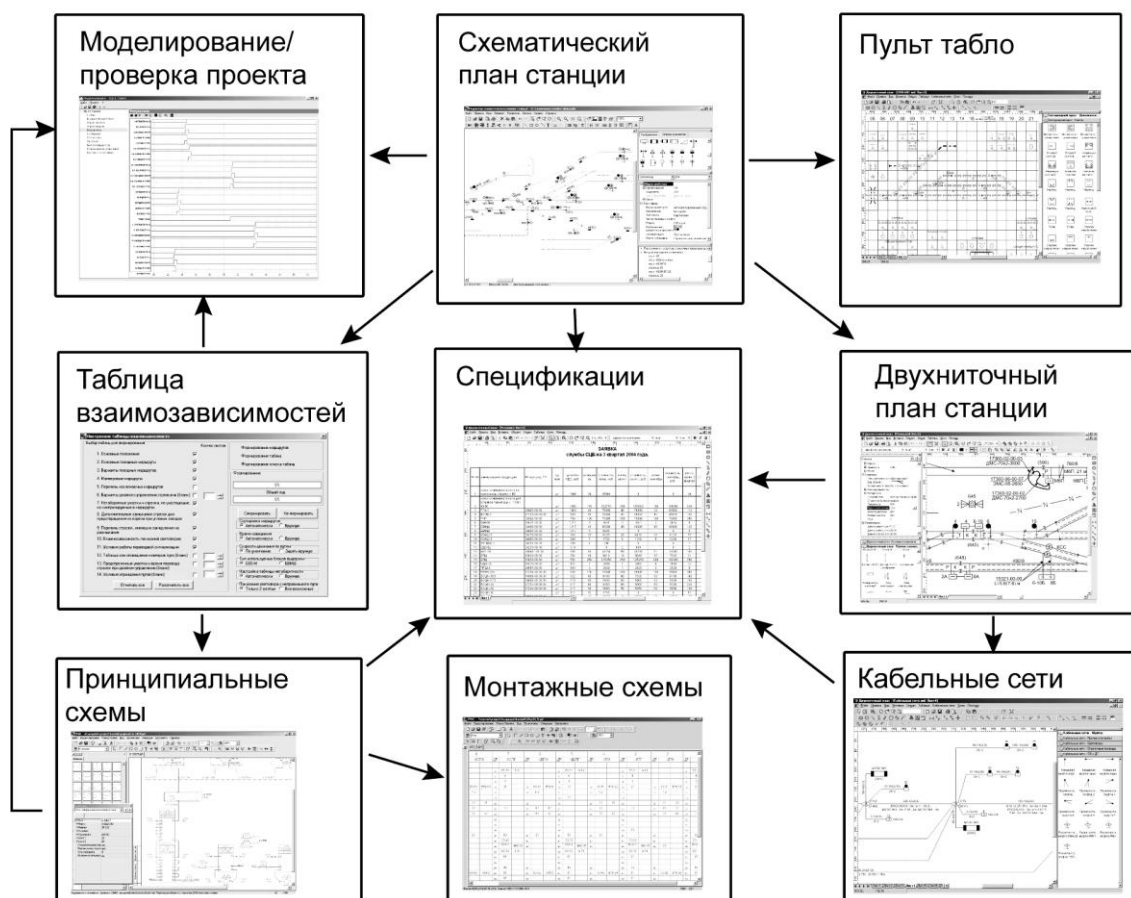


Рис.1. Сквозное проектирование технической документации на устройства ЖАТ

1. Проблемы интеграции приложений. Варианты построения интеграционного решения

Интеграция приложений – это возможность свободного обмена данными между ними. Для передачи данных между системами их необходимо преобразовать в вид, понятный той системе, в которую мы хотим их передать. На настоящем этапе в отсутствии интеграционного решения эти данные невозможно передать полностью автоматически, и требуется ручное преобразование данных. Введение уже существующих данных вручную приводит к следующим негативным последствиям:

- значительным трудозатратам;
- дублированию информационных потоков в сетях передачи данных;
- потерям времени;
- отсутствию средств синхронизации данных;

- значительному увеличению числа ошибок при повторном вводе.

Анализируя задачи АСУ-Ш2, можно сделать вывод, что наибольшая часть исходных данных — это техническая документация на устройства ЖАТ, формируемая в процессе проектирования и эксплуатации системы. Например, по технической документации на устройства ЖАТ можно получить сведения об оснащенности автоматически (например, форму государственной отчетности АГО-5, которая сейчас обычно формируется вручную). Данная операция становится возможной, если обеспечить сквозной обмен данными между АСУ-Ш2 и САПР СЦБ.

Анализ точек зарождения и путей прохождения информационных потоков подсистем АСУ-Ш-2, ГИС ЖАТ, и др. Октябрьской ж.д. позволяет сделать вывод о необходимости управления информационными потоками на стадии их зарождения в САПР СЦБ, как первоначальной системы обеспечивающий ввод информации об устройствах ЖАТ.

При решении задачи интеграции для многих приложений, где каждое приложение использует собственный формат сообщений и собственные протоколы, существует два варианта реализации интеграционного решения:

- Интеграционное решение — «многие-ко-многим». При этом способе интеграции приложения интегрируются каждое к каждому, то есть каждая связь между отдельными двумя приложениями осуществляется независимо от других.
- Интеграционное решение с использованием ядра интеграции.

При этом осуществляется интеграция каждого приложения с отдельным ядром интеграции, обеспечивающим передачу информации от одного приложения к другому.

Преимущество с точки зрения простоты разработки имеет архитектура на базе ядра интеграции. Помимо снижения трудоемкости, существуют также косвенный эффект от внедрения ядра интеграции, вызванный тем, что снижается количество ошибок при разработке решения (т.к. многие компоненты ядра интеграции используются повторно), добавление каждого нового приложения требует существенно меньших затрат, упрощается управление интеграционным решением (учет сбоев, контроль производительности) и т.д. Структура построения интеграционного решения представлена на рисунке 2. Основной составляющей ядра интеграции должен стать единый формат данных, который мог бы использоваться всеми участниками информационного обмена.

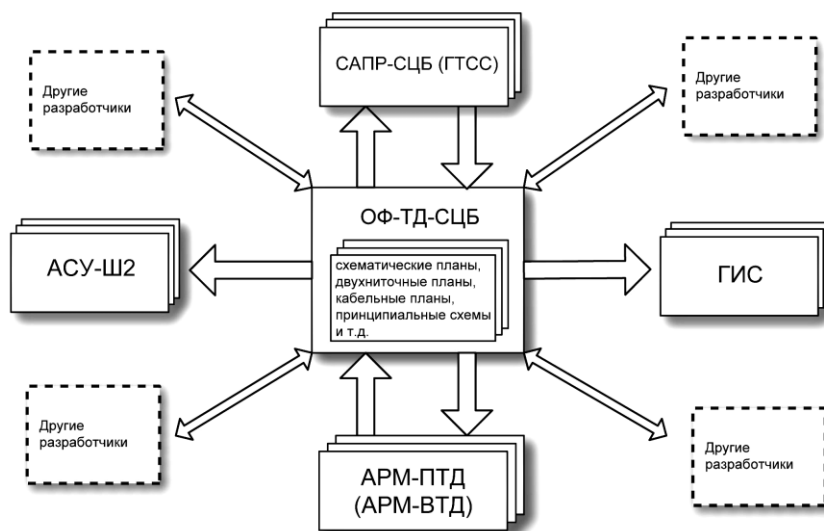


Рис.2. Структура построения интеграционного решения

2. Существующие форматы обмена в отрасли. Отраслевой формат обмена технической документацией.

Широкое распространение продукции компании AutoDesk на мировом рынке, обеспечило популярность формату DXF/DWG. Многие мировые разработчики программного обеспечения обеспечили преобразование графических данных в этот формат. Однако наряду с неоспоримыми достоинствами, данный формат обладает и рядом недостатков. Главным из них является то, что DXF является форматом примитивной графики, и мало применим для хранения структурированных данных.

Современные приложения требуют более гибкого протокола представления данных, по сравнению с DXF/DWG, и механизмы, позволяющие определять структуру документа и описывать содержащиеся в нем элементы. Данным требованием удовлетворяет язык расширенной разметки – XML.

Для построения интеграционного решения был разработан отраслевой формат технической документации на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики (ОФ-ТД СЦБ), способный представить всю необходимую документацию на устройства ЖАТ. Структура данного формата представлена на рисунке 3. ОФ-ТД СЦБ содержит в себе не только информацию об изображении чертежа (в универсальном формате векторной графики - Scalable Vector Graphics (SVG)), но и модель изображенного на ней элемента или схемы. При этом приложение может извлекать необходимую информацию по требованию (только графику, или только модель, или и то и другое). Также чертеж в ОФ-ТД может быть прочитан не только специализированным приложением, но и обычным браузером. В настоящее время в АРМ-ПТД ОФ-ТД уже используется для обмена информацией между соответствующими модулями, а также для обмена данными с другими системами.

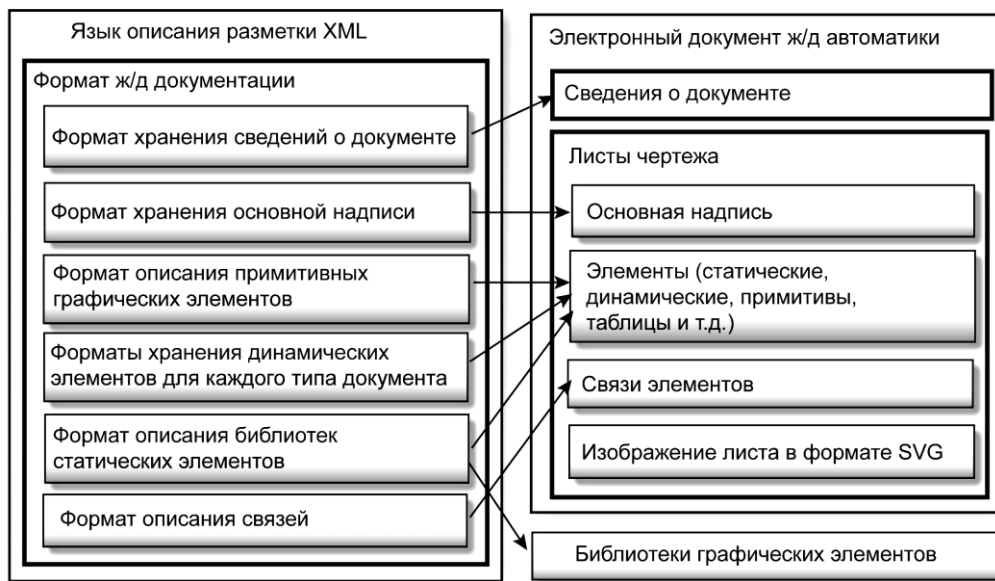


Рис.3. Структура ОФ-ТД СЦБ

Также некоторыми организациями для проектирования используется САПР-ГТСС, который непосредственно основан на продуктах фирмы AutoDesk и в качестве внутреннего формата использует DXF/DWG. В рамках данной работы был разработан конвертор, преобразующий схематические планы из формата DXF/DWG в ОФ-ТД СЦБ. А в будущем задача переноса информации между этими системами может быть упрощена, так как AutoDesk уже заявила о переходе на XML и SVG, таким образом преобразовать данные из AutoDesk-XML в ОФ-ТД СЦБ можно будет с использованием всего одного шаблона на языке преобразований XML Stylesheet Language (XSL).

3. Заключение

В настоящее время формат проходит утверждение и опытную эксплуатацию в различных организациях, таких как: ГТСС, ВНИАСС, Радиоавионика, а также применяется в модулях АРМ-ПТД, АРМ ведения технической документации (АРМ-ВТД) и для задач моделирования движения поездов и моделирования работы систем автоматики и телемеханики.

4. Литература

- Концепция построения единой автоматизированной системы электронного документооборота на устройства СЦБ // М.Н. Василенко, В.В. Кудрявцев // Автоматика, связь и информатика. 2002, N 9, с.2-5
- Формат графических изображений в АРМах ведения технической документации //Василенко М.Н., Трохов В.Г. // Автоматика, связь и информатика. 2002 N 7, 3-5
- Принципы построения комплексной системы автоматизации проектирования железнодорожной автоматики и телемеханики // Сапожников В.В., Василенко М.Н. // Автоматика, связь и информатика. 1990, N 10, с.4-7

АВТОРЫ СТАТЬИ

- Седых Дмитрий Владимирович* - аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,
конт.телефон 768-85-79
- Суханов Сергей Александрович* - аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,
конт.телефон 768-85-79

МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ЗОНЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СПЛАВАХ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

А.Н. Бестужева, Л.Ф. Вьюненко
доценты кафедры «Прикладная математика»

Аннотация

Предложена математическая модель движения зоны превращения при нагреве материала с эффектом памяти формы (ЭПФ-сплава) с переходом интервала температур превращения. При построении модели использован подход к описанию эволюции температурного поля, приводящий к смешанной краевой задаче для «зацепляющихся» линейного и нелинейного уравнений теплопроводности, решения которых «сшиты» при температурах начала и окончания фазового превращения. Рассмотрен пример построения математической модели движения зоны превращения при равномерном нагреве с концов нити, изготовленной из ЭПФ-сплава.

Ключевые слова: эффект памяти формы, ЭПФ-сплавы, уравнение теплопроводности, краевая задача, коэффициент температуропроводности, интервал температур превращения, граница превращения.

При разработке инженерно-технических решений с использованием ЭПФ-сплавов необходимы методы расчета, позволяющие прогнозировать поведение устройства или конструкции с элементами из материалов с памятью в различных условиях, в том числе экстремальных, и управлять эффектом памяти формы. В этом отношении интерес представляют такие математические модели процессов, сопровождающих ЭПФ, которые позволяют перейти от описания материала к расчету реальной инженерной конструкции.

Существующие на сегодняшний день теоретические подходы позволяют описывать лишь некоторые группы свойств материалов с памятью или служить основой для численного моделирования. В настоящей работе предлагается связать разнообразные необычные свойства ЭПФ-сплавов с движением зоны превращения, так как именно развитие этой зоны определяет эволюцию поля температур и связанные с ним деформационные характеристики элементов устройств и конструкций.

В основу математической модели движения зоны превращения предлагается положить краевую задачу для уравнения теплопроводности:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div}(a(T)\operatorname{grad}T),$$
$$T(\bar{x}, 0) = T_0(\bar{x}), \quad (1)$$

$$T|_G = T^G(t),$$

где $T = T(\vec{x}, t)$ – значение температуры в точке с декартовыми координатами $\vec{x}$ в момент времени t , $a(T)$ – коэффициент температуропроводности материала, G – граница области изменения пространственных переменных.

Анализ многочисленных экспериментальных данных показывает, что коэффициент температуропроводности ЭПФ-сплавов имеет в интервале температур превращения $[T_S, T_F]$ «дефект», зависящий от величины скрытой теплоты превращения. Схематически зависимость $a(T)$ показана на рис. 1.

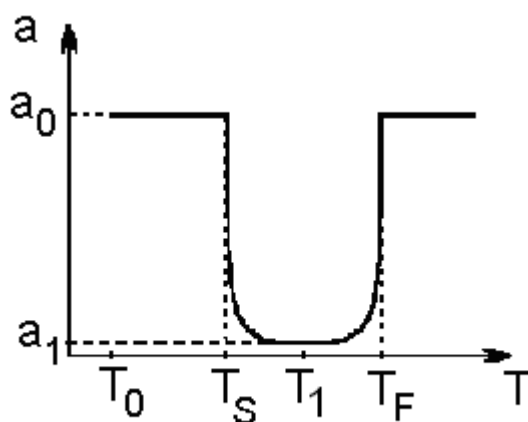


Рис.1

Вследствие такого изменения коэффициента температуропроводности при распространении тепла в ЭПФ-сплавах возникают зоны, в которых температуры соответствуют температурам превращения, что и определяет необычное поведение ЭПФ-сплавов.

Таким образом, математическая модель (1) будет иметь вид смешанной краевой задачи для двух уравнений теплопроводности, которые будем называть «зацепляющимися». Одно из этих уравнений по своей структуре линейно и описывает изменение температур в высоко- или низкотемпературной фазе ($T < T_S$ или $T > T_F$), а другое, нелинейное, – при температурах превращения ($T_S \leq T \leq T_F$). «Зацепление» уравнений происходит через коэффициент температуропроводности, принимающий одно и то же значение в указанных уравнениях на границе превращения.

Краевая задача для уравнения теплопроводности в области с движущимися границами известна как задача Стефана [6] и в настоящее время хорошо изучена, в линейном случае для различной формы границы (и неизвестной тоже) решение доведено до аналитической формы [7,8], в теоретическом плане – до теорем существования и единственности [9].

Предлагаемую математическую модель движения зоны превращения при нагреве ЭПФ-сплава по форме можно рассматривать как задачу Стефана, в которой роль условия теплового баланса на границе (условие Стефана) играет условие непрерывности коэффициента температуропроводности.

В качестве иллюстрации предложенного подхода рассмотрена задача о нагреве с концов теплоизолированной нити из ЭПФ-сплава в предположении, что начальная температура $T_0 \leq T \leq T_S$ ниже температуры начала превращения, а режим нагрева известен. Математическая модель (1) в этом случае принимает вид

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right),$$

$$T(x, 0) = T_0, \quad (2)$$

$$T(0, t) = T(l, t) = T_0 + \dot{T} \cdot t.$$

Для входящего в уравнение теплопроводности коэффициента $a(T)$ использована кусочно-непрерывная зависимость (см. рис. 1). В частности,

в интервале температур $T_S \leq T \leq T_1 = \frac{T_S + T_F}{2}$ зависимость имеет экспоненциальный вид

$$a(T) = \exp(-\alpha(T - \beta)), \quad \alpha, \beta > 0.$$

Пока температура нити не достигла температуры начала превращения, $T_0 \leq T \leq T_S$, уравнение теплопроводности в задаче (1) линейно, так как $a(T) = \text{const} = a_0$, и краевая задача имеет следующий вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_0 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2},$$

$$T(x, 0) = T_0, \quad (3)$$

$$T(0, t) = T(l, t) = T_0 + \dot{T} \cdot t.$$

Ее решение известно: при заданном режиме нагрева $\dot{T}(t)$

$$T(x, t) = T_0 - \frac{4\pi \cdot a_0}{l^2} \sum_{n=0}^{\infty} (2n+1) \sin \frac{\pi(2n+1)}{l} x \times$$

$$\times \int_0^t \tau \dot{T}(\tau) \exp \left(-\frac{\pi^2 (2n+1)^2}{l^2} a_0 (t - \tau) \right) d\tau.$$

В частности, при постоянной скорости нагрева ($\dot{T} = \text{const}$)

$$T(x, t) = T_0 + \dot{T} \cdot t - \frac{4\dot{T} \cdot l^2}{\pi^3 a_0} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin \frac{\pi(2n+1)}{l} x}{(2n+1)^3} \times \\ \times \left(1 - \exp \left(- \frac{\pi^2 (2n+1)^2}{l^2} a_0 t \right) \right)$$

При $t = t^*$, когда температура концов нити становится равной температуре начала превращения ($T = T_S$), модель температурных процессов усложняется и далее эволюция температурного поля и движение границы превращения $x = x^*(t)$ описываются двумя «зацепляющимися» моделями. Если до $t = t^*$ ($T = T_S$) процесс описывался одной моделью – линейной с неподвижными концами, – то при $t > t^*$ ($T > T_S$) двумя: на участке нити $(x^*, l - x^*)$ – линейной моделью, но с подвижными концами, а на участках $(0, x^*)$ и $(l - x^*, l)$ – нелинейной моделью с подвижными концами.

Движущаяся граница $x = x^*(t)$ является разделом двух разных задач. При $x^* < x < l - x^*$ – линейная задача с известным начальным условием, полученным из линейной модели (3) при $t = t^*$:

$$T(x, t^*) = T_0 + \dot{T} \cdot t^* - \frac{4\dot{T} \cdot l^2}{\pi^3 a_0} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin \frac{\pi(2n+1)}{l} x}{(2n+1)^3} \times \\ \times \left(1 - e^{-\frac{\pi^2 (2n+1)^2}{l^2} a_0 t^*} \right).$$

При $x < x^*$ и $l - x^* < x < l$ – задача для нелинейного уравнения

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right),$$

в котором $a(T) = \exp(-\alpha(T - \beta))$, $\alpha, \beta > 0$. Параметры α, β можно определить из условия прохождения графика функции $a(T)$ через две точки: (T_S, a_0) и (T_1, a_1) . Тогда

$$a(T) = \exp \left(\frac{T_S \ln a_1 - T_1 \ln a_0}{T_S - T_1} - \frac{\ln a_1 - \ln a_0}{T_S - T_1} T \right).$$

Нелинейная модель справедлива с момента времени $t = t^*$, который характеризуется тем, что в точках $x = 0$ и $x = l$ температура равна T_S , откуда $t^* = \frac{T_S - T_0}{\dot{T}}$.

Для этого случая решение нелинейного уравнения теплопроводности известно. Согласно [4] оно имеет вид

$$T(x, t) = \frac{T_S - T_1}{\ln a_1 - \ln a_0} \ln \left(C + \mu \frac{(T_S \ln a_1 - T_1 \ln a_0)(\ln a_1 - \ln a_0)}{(T_S - T_1)^2} t \right) - \frac{T_S - T_1}{\ln a_1 - \ln a_0} \ln \left(-\frac{1}{2} \frac{\ln a_1 - \ln a_0}{T_S - T_1} \mu x^2 + Ax + B \right),$$

или в принятых обозначениях

$$T(x, t) = \frac{1}{\alpha} \ln(\alpha^2 \beta \mu \cdot t + C) - \frac{1}{\alpha} \ln \left(-\frac{1}{2} \alpha \mu \cdot x^2 + Ax + B \right) = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{\alpha^2 \beta \mu \cdot t + C}{-\frac{1}{2} \alpha \mu \cdot x^2 + Ax + B},$$

где A, B, C, μ – произвольные константы, определяемые из краевых условий. В нелинейной модели в граничных точках нити $x^* \geq 0$, $l - x^* \leq l$ удовлетворяются условия $T(x^*) = T(l - x^*) = T_S$.

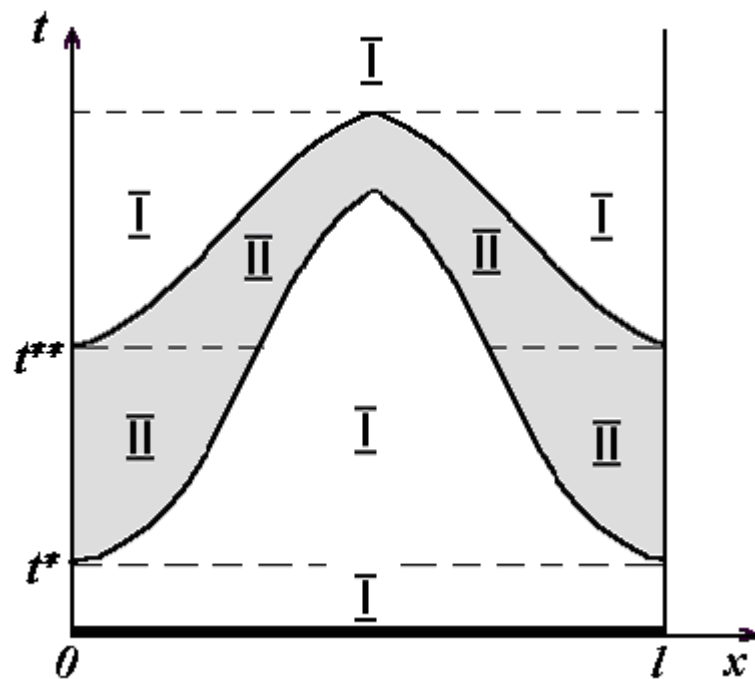


Рис.2.

На рис 2 показано положение границ зоны превращения в зависимости от координаты и времени. В моменты времени t^* и t^{**} температура концов нити достигает значений T_S и T_F соответственно. Обозначенным зонам I соответствует линейная модель, а II – нелинейная модель.

Теперь перейдем к построению математической модели для движущейся границы. При $t \geq t^*$

$$\frac{\partial T_1}{\partial t} = a_0 \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2}, \quad x^*(t) < x < l - x^*(t),$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a(T_2) \frac{\partial T_2}{\partial x} \right), \quad 0 < x < x^*(t), \quad l - x^*(t) < x < l,$$

где T_1, T_2 – температуры линейной и нелинейной задачи соответственно. Эти уравнения дают решения справа и слева от движущейся границы, которые содержат 7 произвольных констант. Для их определения служат начальные условия (2 уравнения), граничные условия (4 уравнения) и условие непрерывности $a(T)$.

$$T_1(x, t^*) = T_S - \frac{4\dot{T} \cdot l^2}{\pi^3 a_0} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin \frac{\pi(2n+1)}{l} x}{(2n+1)^3} \times \left(1 - \exp \left(- \frac{\pi^2 (2n+1)^2}{l^2} a_0 t^* \right) \right)$$

$$T_2(x, t^*) = T_S,$$

$$T_1(x, t^*) = T_2(x, t^*) = T_S, \quad T_2(0, t) = T_2(l, t) = T_S + \dot{T} \cdot t,$$

$$a(T_2(x^*(t), t^*)) = a_0.$$

Для определения границы $x = x^*(t)$ служит условие непрерывности теплового потока на фронте превращения: $\frac{\partial T_1}{\partial n} \Big|_{x=x^*(t)} = \frac{\partial T_2}{\partial n} \Big|_{x=x^*(t)}$, где

n – нормаль к границе $x = x^*(t)$.

Таким образом, предложен способ построения математической модели движения границы превращения в ЭПФ-сплавах, которая содержит новую постановку краевой задачи, требующей разработки специальных методов решения.

Построенная модель дает возможность

- снижения трудоемкости численного моделирования эволюции зоны превращения как решения краевой задачи, в которой неизвестная функция описывается уравнением первого порядка в частных производных;

- контроля особых режимов и особых точек, которые легче выявляются при аналитическом анализе уравнений, чем при анализе результатов;
- поиска путей аналитического решения задач, связанных с деформационными процессами ЭПФ;
- приближенного решения указанных выше задач с использованием различной математической техники: разложение в ряд, асимптотическое разложение и т.д.

Литература

1. Vyunenko Yu.N., Vyunenko L.F. Residual stresses mechanism of SME: Theory and simulation // J. Phys. IV, France, V.112 (2003). Part 1. P.235-238.
2. Материалы с эффектом памяти формы. Справ. Изд./ Под ред. Лихачева В.А.. – Т.1. – СПб: Изд-во НИИХ СПбГУ. 1998.
3. Араманович И.Г., Левин В.И. Уравнения математической физики, М.: Наука, 1969.
4. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1981.
5. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики: Точные решения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.
6. Рубинштейн Л.И. Проблема Стефана. – Рига: Звайгзне, 1967.
7. Гринберг Г.А. О решении задач диффузионного типа для расширяющихся или сжимающихся областей. – ПММ, т. 33, 1969.
8. Карташов Э.М., Любов Б.Я. Метод решения краевых задач теплопроводности для области с границей, движущейся по параболическому закону. – ЖТФ, т. 41, № 1, 1971.
9. Гольдман Н.Л. Классическое и обобщенное решения двухфазной граничной обратной задачи Стефана. – Вычислительные методы и программирование, т. 3, 2002, с.133-143.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСА В СИСТЕМЕ С ОДНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ

Доев В.С., Доронин Ф.А.

Аннотация

Уточняется понятие резонанса для динамических систем с одной степенью свободы. Показано, что при гармоническом резонансном воздействии возможно как возрастание, так и уменьшение амплитуды вынужденных колебаний системы. При матрицантном воздействии вынужденные колебания происходят по более сложному закону.

Ключевые слова: линейная колебательная система с одной степенью свободы, резонанс, матрицантное воздействие, резонансное гашение колебаний

Введение

В университете в курс теоретической механики, преподаваемый для студентов механических и строительных специальностей по большой программе, входит изучение вынужденных колебаний линейных и линеаризованных механических систем с одной степенью свободы, в том числе и исследование явления резонанса в таких системах. По программе курса обсуждению этого явления уделяется мало времени. В лучшем случае после вывода необходимых уравнений преподаватель рассказывает об использовании резонанса в деятельности человека, либо о вредных проявлениях резонанса в технике. Однако, это явление в действительности оказывается гораздо богаче и содержательнее, чем это предстает в традиционных учебниках по теоретической механике.

Как правило, после изучения раздела курса, связанного с явлением резонанса, у студентов создается впечатление, что при совпадении частот свободных и вынужденных колебаний системы наблюдается явление резкого увеличения амплитуды вынужденных колебаний, причем амплитуда этих колебаний возрастает по линейному закону.

Между тем анализ показывает, что существуют ситуации, когда при совпадении частоты вынужденных колебаний механической системы с ее собственной частотой в зависимости от момента включения возмущающей силы возможно как увеличение, так и уменьшение амплитуды вынужденных колебаний.

1. Резонансное гармоническое возмущение с постоянной амплитудой

Рассмотрим линейную механическую систему с одной степенью свободы без учета сопротивления движению. Пусть эта система совершает

свободные колебания, имея в начальный момент времени координату q_0 и скорость $v_0 = \dot{q}_0$. В некоторый момент времени $t = \tau$ на систему начинает действовать периодически изменяющаяся во времени возмущающая сила постоянной амплитуды с частотой, равной собственной частоте k колебаний системы (резонансное гармоническое воздействие).

В зависимости от фазы свободных колебаний в момент подключения возмущающей силы возможны следующие случаи:

а) *Возрастание амплитуды вынужденных колебаний.*

Для возрастания амплитуды колебаний при стандартном синусоидальном возмущении необходимо, чтобы в момент включения резонансного воздействия выполнялись, например, такие условия: $q_0 = 0$; $v_0 > 0$.

Решение дифференциального уравнения вынужденных колебаний имеет, как известно, вид: $q(t) = \left(\frac{v_0}{k} + \frac{h}{2k} t \right) \sin(kt)$, где $h = \frac{H}{a}$; H – амплитуда возмущающей силы; a – коэффициент инерции системы. График колебаний в этом случае показан на рис. 1.

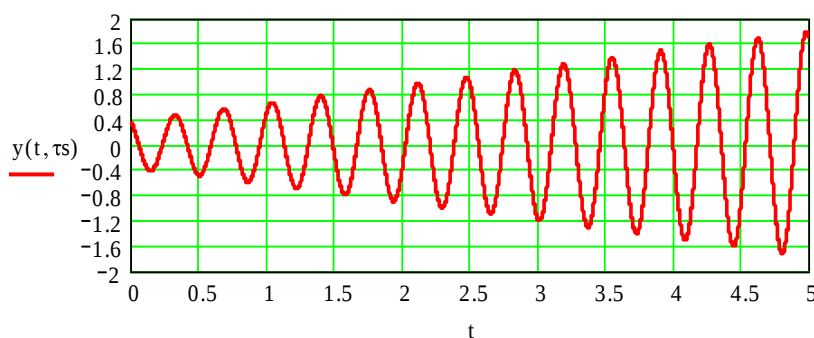


Рис. 1. График вынужденных резонансных колебаний при $q_0 = 0$; $v_0 > 0$.

б) *Убывание амплитуды вынужденных колебаний.*

Для убывания амплитуды колебаний при указанном выше возмущении необходимо, чтобы в момент включения резонансного воздействия выполнялись условия: $q_0 = 0$; $v_0 < 0$. При этом амплитуда вынужденных колебаний сначала убывает с течением времени, а затем возрастает по линейному закону (рис. 2).

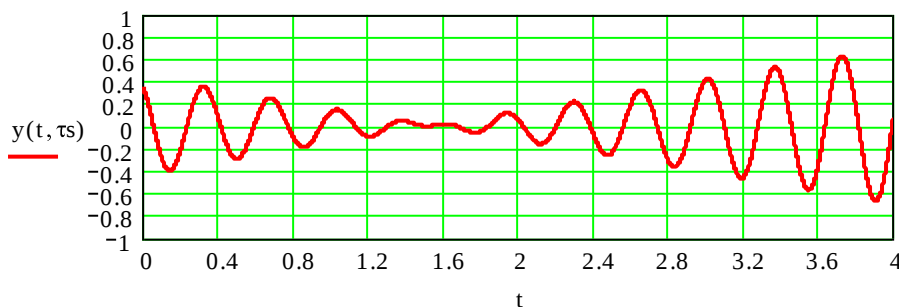


Рис. 2. График вынужденных резонансных колебаний при $q_0 = 0$;
 $v_0 < 0$.

Если в режиме резонансного убывания амплитуды отключить гармоническое воздействие в тот момент, когда амплитуда становится равной нулю, то система перейдет в режим свободных колебаний, амплитуда которых значительно меньше, чем перед резонансным включением. Такой процесс будем называть *резонансным гашением колебаний*.

Свободные колебания, которые будет совершать система после отключения внешнего воздействия, определяются уравнением $q(t) = q_{10} \cos(kt) + \frac{v_{10}}{k} \sin(kt)$, где q_{10} и v_{10} – обобщенная координата и обобщенная скорость системы в момент выключения внешнего воздействия, соответственно.

Зависимость координаты от времени определяется кривой, показанной на рис. 3.

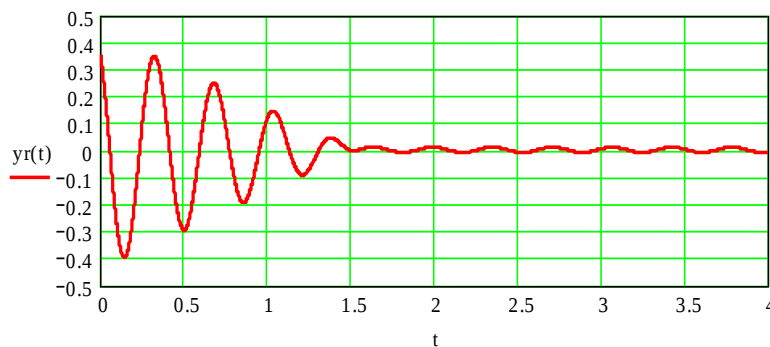


Рис. 3. График вынужденных резонансных колебаний после отключения внешнего воздействия

Мелкая рябь в конце процесса образуется потому, что при отключении внешнего воздействия, когда обобщенная координата стала равной нулю, обобщенная скорость системы отличалась от нуля.

Во всех этих случаях амплитуда вынужденных колебаний изменяется с течением времени по линейному закону.

2. Резонансное гармоническое возмущение с переменной амплитудой

Рассмотрим теперь вынужденные колебания системы с одной степенью свободы, происходящие под действием возмущающей силы, амплитуда которой является некоторой функцией времени, а частота совпадает с собственной частотой k колебательной системы:

$$Q(t) = H(t) \sin(kt).$$

Движение механической системы при произвольном воздействии описывается дифференциальным уравнением

$$\ddot{q} + k^2 q = w(t). \quad (1)$$

Представим это воздействие в виде $w(t) = f(t) + \dot{s}(t)$, где $f(t)$ и $s(t)$ – некоторые функции времени.

Дифференциальное уравнение (1) можно записать в нормальной форме:

$$\ddot{\mathbf{Y}} = \mathbf{R} \cdot \mathbf{Y} + \mathbf{b}(t), \quad (2)$$

где $\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} q \\ v \end{bmatrix}$; $\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -k^2 & 0 \end{bmatrix}$; $\mathbf{b}(t) = \begin{bmatrix} s(t) \\ f(t) \end{bmatrix}$.

Пусть теперь на систему начинает действовать ограниченное матрицантное возмущение вида $\mathbf{b}(t) = \mathbf{X}(t) \cdot \mathbf{U}(t)$, где $\mathbf{X}(t)$ – матрицант системы (2); $\mathbf{U}(t)$ – вектор, равный

$$\mathbf{U}(t) = \begin{bmatrix} 0 \\ k \cdot us(t) \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Здесь $us(t)$ – некоторая ограниченная функция времени.

Резонансным будем называть такое ограниченное матрицантное воздействие на систему, при котором решение исходного дифференциального уравнения (2) неограниченно.

Решение матричного уравнения (2) при матрицантном воздействии (3) принимает вид: $\mathbf{Y}(t) = \mathbf{X}(t) \cdot \left(\mathbf{Y}_0 + \int_0^t \mathbf{U}(\xi) d\xi \right)$, где $\mathbf{Y}_0 = \begin{bmatrix} q_0 \\ v_0 \end{bmatrix}$ – вектор

начальных условий; $\mathbf{X}(t) = \begin{bmatrix} \cos(kt) & \frac{\sin(kt)}{k} \\ -k \cdot \sin(kt) & \cos(kt) \end{bmatrix}$ – матрицант системы.

Матрицант $\mathbf{X}(t)$ и векторный множитель $\mathbf{U}(t)$ определяют вид силового воздействия $w(t)$ в правой части дифференциального уравнения (1): $s(t) = \mathbf{X}(t) \cdot \mathbf{U}(t)$; $f(t) = \mathbf{X}(t) \cdot \mathbf{U}(t)$.

Если функция $us(t)$, входящая в вектор $\mathbf{U}(t)$, изменяется по закону (рис. 4) $us(t) = |3 \sin^2(0.5t^{1.5}) - 2 \cos^5(2t)|$, то силовое воздействие $w(t)$ имеет

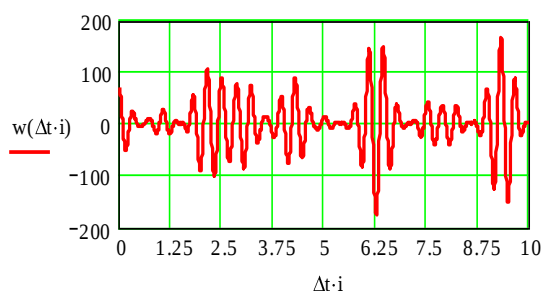


Рис. 4. График изменения возмущающей силы при матрицантном воздействии $\mathbf{U}(t)$

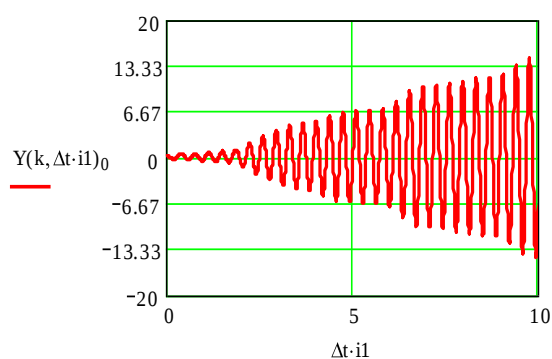


Рис. 5. График вынужденных резонансных колебаний при

матрицантном воздействии $U(t)$

вид, изображенный на рис. 4. Зависимость обобщенной координаты от времени (рис. 5) демонстрирует нелинейный характер изменения амплитуды вынужденных колебаний с течением времени.

Если изменить вид функции $us(t)$, то изменится и характер изменения амплитуды вынужденных колебаний.

Интересно, что существует класс положительных убывающих амплитудных функций $us(t)$, для которых сохраняется нарастание

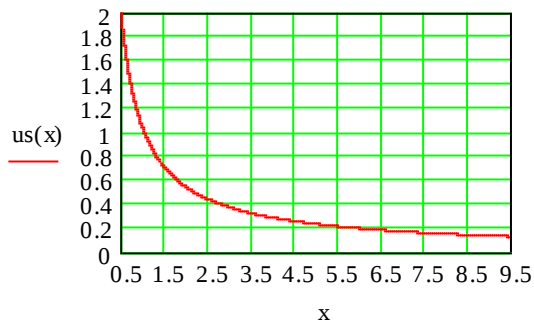


Рис. 6. График амплитудной функции $us(t) = t^{-0.9}$

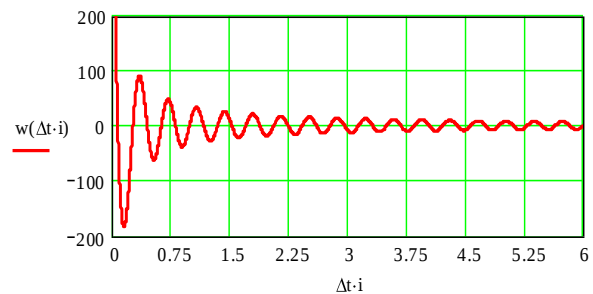


Рис. 7 График убывающего силового воздействия $w(t)$.

амплитуды вынужденных колебаний при резонансе. Например, такой функцией является зависимость $us(t) = t^{-0.9}$, график которой показан на рис. 6. Силовое воздействие $w(t)$, соответствующее этой функции, показано на рис. 7.

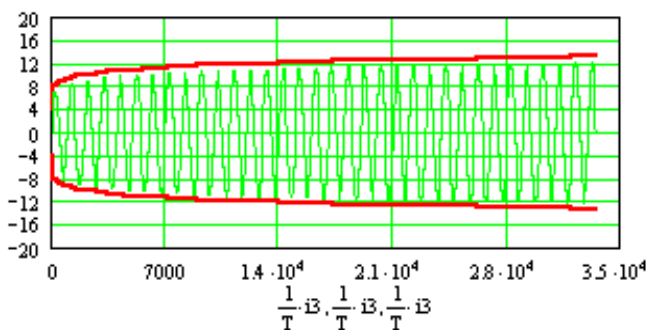


Рис. 8. График вынужденных резонансных колебаний при убывающем силовом воздействии $w(t)$

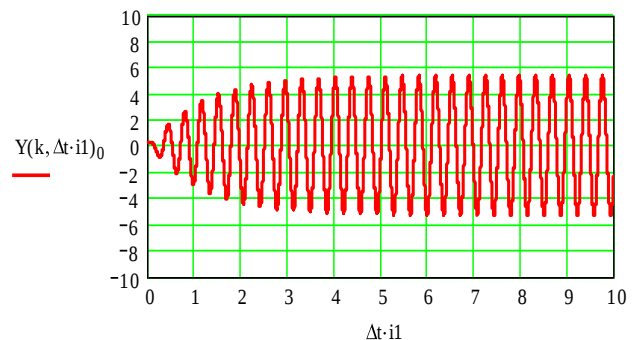


Рис. 9. График вынужденных резонансных колебаний при убывающем силовом воздействии с амплитудной функцией $us(t) = 5e^{-0.9t}$

График резонансных колебаний в этом случае показан на рис. 8. Если же

амплитудная функция $us(t)$ имеет вид $us(t) = 5e^{-0.9t}$, то зависимость обобщенной координаты от времени выглядит так, как показано на рис. 9.

Любопытно, что этот график повторяет график вынужденных резонансных колебаний системы с одной степенью свободы при наличии вязкого сопротивления (для случая, когда амплитуда возмущающей силы постоянна), а в приведенном примере ни о каком сопротивлении движению речь не идет.

Весьма своеобразно выглядит график вынужденных резонансных колебаний, вызванных матрицантным воздействием, заданным амплитудной функцией:

$$us(t) = 5e^{-0.9t} - 0.1t. \quad (4)$$

Эта функция, будучи убывающей, не является знакопостоянной (рис. 11).

Такому возмущению соответствует силовое воздействие, показанное на рис. 10.

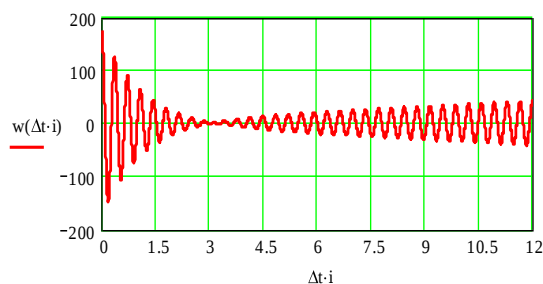


Рис. 10. График силового воздействия, соответствующего амплитудной функции $us(t) = 5e^{-0.9t} - 0.1t$

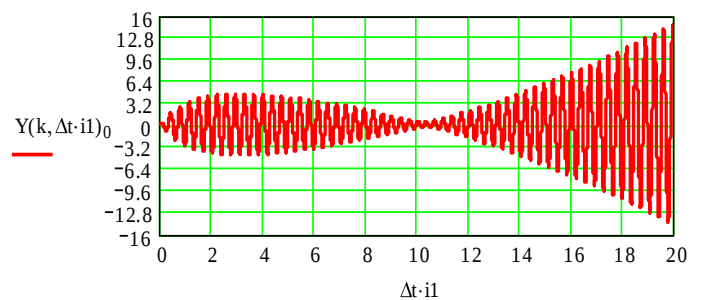


Рис. 11. График вынужденных резонансных колебаний при убывающем силовом воздействии с амплитудной функцией $us(t) = 5e^{-0.9t} - 0.1t$

На рис. 11 показан график вынужденных резонансных колебаний, вызванных возмущением, заданным функцией (4).

Заключение

Приведенные примеры показывают, что, казалось бы, хорошо изученное и проанализированное явление резонанса линейной системы с одной степенью свободы на деле оказывается до конца не исследованным и таит в себе некоторые специфические особенности, представляющие не только теоретический, но и практический интерес. Все эти соображения следует учитывать при изложении теории колебаний в курсе теоретической механики.

ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МНОГОСЛОЙНОГО ГРУНТОВОГО МАССИВА НА ОСНОВЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ

В.С. Доев, Ф.А. Доронин, А.В. Индейкин, А.С. Ткаченко

Аннотация

Для определения динамического отклика грунтового массива железнодорожной насыпи на динамическое воздействие подвижного состава использован МКЭ. Определены значения статических деформаций, амплитуд колебаний грунта на различной глубине, суммарных деформаций грунта с учетом динамики, математические ожидания пиковых величин деформаций и их дисперсий по характерным поперечным сечениям насыпи, отличающимся друг от друга геомеханическими свойствами подстилающих грунтов.

Ключевые слова: конечно-элементная модель, многослойный грунт, импульсное модулированное воздействие, вынужденные колебания

Введение

Целью проведенного исследования является определение отклика грунтового массива железнодорожной насыпи на статическое и динамическое воздействие высокоскоростного подвижного состава и выяснение необходимости усиления насыпи для уменьшения деформативности железнодорожного пути на одном из перегонов Октябрьской железной дороги.

1. Описание расчетной модели

В результате инженерно-геологического обследования и топографической съемки земляного полотна выявлена внутренняя структура тела насыпи, ее геологическое строение. Поперечные разрезы насыпи показали, что значительная часть тела насыпи отсыпана торфом, толщина которого неравномерна и изменяется в пределах от 1,0 до 2,6 м. Сверху торф прикрыт суглинком, консистенция которого изменяется от тугопластичной до полутвердой. Мощность суглинка непостоянна.

Пути уложены на щебеночный балласт, толщина слоя которого изменяется от 0,2 до 1,0 м. На откосах имеются балластные шлейфы мощности от 0,6 до 1,4 м. Под слоем щебня залегает прослойка песка гравелистого мощностью от 0,2 до 1, 2 м.

В геологическом строении участка принимают участие болотные и верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения, представленные ленточными суглинками (среднесжимаемыми, тугопластичными).

В результате анализа поперечных сечений земляного полотна на

различных участках пути была принята схема строения расчетного поперечного сечения, показанная на рис. 1.

При построении расчетной схемы моделировался объем тела насыпи и подстилающего грунта, заключенный между двумя вертикальными плоскостями, перпендикулярными оси пути и находящимися на расстоянии 0,60 м друг от друга (рис. 1). На верхней поверхности призмы уложены две шпалы, через которые передается внешнее воздействие на грунт, изображенное вертикальными стрелками.

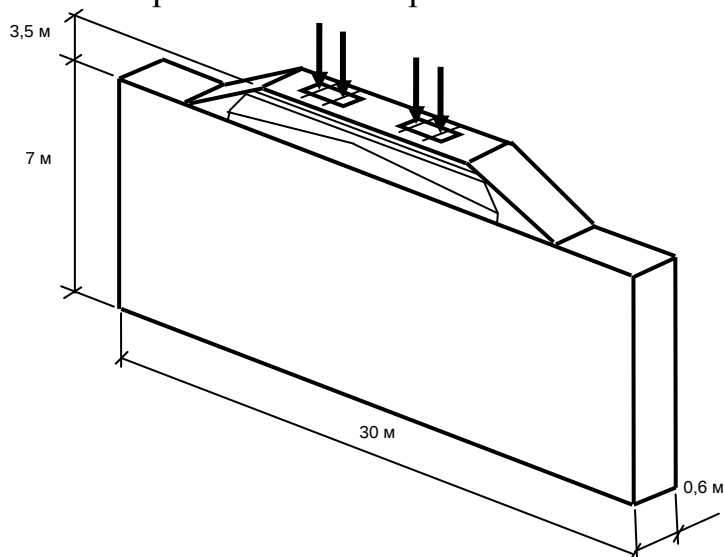


Рис. 1. Расчетная схема грунтового массива

Нижняя горизонтальная плоскость массива закреплена от перемещения во всех направлениях. Вертикальные боковые поверхности пластины закреплены по направлениям нормалей к этим поверхностям. Схема закрепления узлов массива от смещений показаны на рис. 2.

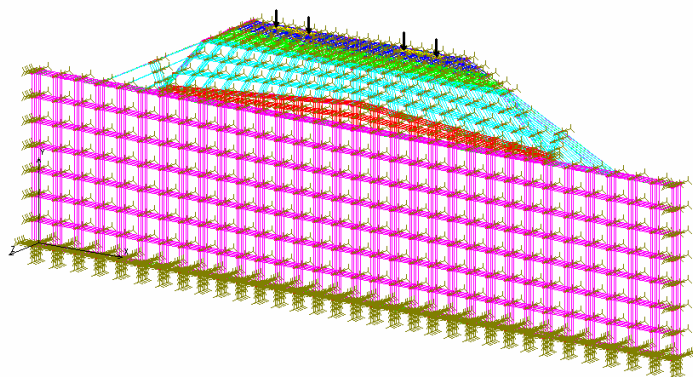


Рис. 2. Схема закрепления узлов массива от смещений

2. Задание нагрузки от подвижного состава

Нагрузка от подвижного состава задается в виде последовательности

модулированных импульсов, возникающих при проходе шпалы колесной парой. Импульсы чередуются через промежутки времени

$\Delta t_j = \frac{l_{j,j+1}}{v}$, где $l_{j,j+1}$ – расстояние между осями смежных колесных пар поезда, v – скорость его движения. Продолжительность импульсов равна $\tau = \frac{b}{v}$, где b – ширина подошвы шпалы. При скорости $v = 200 \div 350$ км/ч значения τ лежат в интервале $0,005 \div 0,003$ с.

Динамическое (вибрационное) воздействие подвижного состава можно разделить на низкочастотное (НЧ) и высокочастотное (ВЧ). Главными источниками НЧ-колебаний являются подпрыгивание и галопирование кузовов вагонов и локомотивов. Для высокоскоростного поезда «Сокол» основными частотами этих колебаний являются частоты 0,95 и 2,2 Гц. Максимальные значения модулей сил инерции, возникающих при этих колебаниях:

$$|\Phi_{\max}| = m_* a = m_* k^2 A,$$

где A – амплитуда соответствующего вида колебаний точки горизонтальной оси симметрии кузова, расположенной над колесной парой; m_* – масса обрессоренных частей подвижного состава, приходящаяся либо на ось, либо на одно колесо (в зависимости от расчетной схемы).

Вертикальное ускорение при колебаниях кузова по условиям комфортности ограничено значением $0,1g \approx 1$ м/с². Следовательно, $|\Phi_{\max}| \approx 7$ кН, что составляет $8 \div 9\%$ статического давления колеса.

Круговые (циклические) частоты колебаний подпрыгивания и галопирования кузова определяются из выражений:

$$k_n = \sqrt{\frac{g}{f_c}}, \quad k_z = \sqrt{\frac{cl_o}{J_c}}.$$

В этих формулах: f_c – приведенная статическая деформация комплекта рессорного подвешивания; c – коэффициент жесткости рессорного комплекта; l_o – жесткая база вагона; J_c – момент инерции кузова вагона относительно его поперечной центральной оси.

Аналитически значение огибающей силы давления колесной пары на шпалу определяется выражением (рис. 1):

$$P(t) = P_c + \Phi_{\max} \sin kt = P_c + m_* k^2 A \sin kt.$$

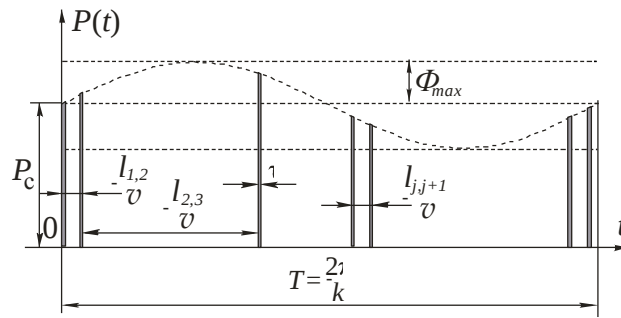


Рис. 1. Зависимость от времени сил, действующих на шпалу со стороны колесной пары

Значения модулированных импульсов сил, действующих на шпалу со стороны колесных пар, можно приближенно определить по формуле:

$$S_j(t) = P(t_j) \cdot \tau,$$

где $t_j = \frac{l_j}{v}$; l_j – расстояние от первой до j -й колесной пары в схеме поезда.

При исследовании воздействия подвижной нагрузки в области высоких частот (ВЧ-колебаний) в качестве основных динамических факторов рассматриваются: дисбаланс колес, вызванный неточностями насадки колес на ось, и периодический износ рельсового пути. Последний фактор устраняется после прохода рельсошлифовального поезда. Однако, этот фактор полностью исключить нельзя, так как при пропуске пакета пассажирских поездов с интервалом 10 минут, рельсошлифовальный поезд можно пропустить лишь после пропуска последнего пассажирского поезда из пакета.

Силовым фактором ВЧ-воздействия являются силы инерции колесных пар (колес – при расчете каждой нити пути).

В случае дисбаланса вращающихся масс, связанных с колесом, амплитуду силы инерции можно найти по формуле:

$$|\Phi_{\max}| = m_{**} e \omega^2 = m_{**} e \frac{v^2}{R^2},$$

где m_{**} – масса неподрессоренных частей подвижного состава, приходящаяся на одно колесо; e – приведенный эксцентриситет посадки колеса на ось; R – радиус колеса; ω – его угловая скорость.

Для колес высокоскоростного поезда «Сокол» $m_{**} = 1900$ кг, $e = 0,5$ мм, $R = 0,475$ м.

Значения $|\Phi_{\max}|$ при скоростях движения $v = 200 \div 300$ км/ч составляют $|\Phi_{\max}| = 13,0 \div 29,2$ кН.

Амплитудные значения сил инерции, возникающих при движении колес по периодическим неровностям рельсового пути:

$$|\Phi_{\max}| = m_{**} \frac{4\pi^2 v^2}{\lambda_z^2} \delta,$$

где λ_z – длина волны периодического износа рельсов; δ – амплитудное значение периодической неровности пути.

Значения $|\Phi_{\max}|$ в этом случае существенно зависят от отношения $\frac{\delta}{\lambda_z}$.

Длинные неровности ($\lambda_z = 1 \div 3$ м) имеют средние расчетные значения амплитуд $0,5 \div 1$ мм. При этом значения $|\Phi_{\max}|$ при $v = 200$ км/ч и 300 км/ч для неровности с длиной волны $\lambda_z = 3$ м составляют соответственно $25,6$ кН и $57,8$ кН.

В случае коротких неровностей ($\lambda_z = 0,5$ м) для $v = 200$ км/ч и 300 км/ч и $\delta = 0,1$ мм получаем $|\Phi_{\max}| = 23$ кН и $|\Phi_{\max}| = 52$ кН. Если же $\lambda_z = 0,25$ м, а $\delta = 0,05$ мм, то при тех же скоростях движения поезда значение $|\Phi_{\max}|$ составляет 46 кН и 104 кН, соответственно.

Методика определения сил $P(t)$ давления колеса на шпалу и величин модулированных импульсов при высокочастотном возбуждении колебаний грунтового массива аналогична изложенной выше для случая низкочастотного возбуждения колебаний.

3. Некоторые результаты расчетов

Установлено, что при действии на массив земляного полотна заданной динамической нагрузки отклик системы зависит от толщины h слоя торфа в теле насыпи (при прочих равных условиях). При этом значения максимальных амплитуд вертикальных колебаний точек дневной поверхности грунтового массива « u », максимальных амплитуд их вертикальной скорости « v » и ускорения « w » в зависимости от толщины слоя торфа h достаточно полно описываются интерполяционными полиномами третьей степени:

$$\begin{aligned} u &= 5,04 - 1,967 h + 1,488 h^2 - 0,251 h^3, \text{ мм;} \\ v &= 0,323 - 0,386 h + 0,258 h^2 - 0,049 h^3, \text{ м/с;} \\ w &= -11,304 + 36,413 h - 21,282 h^2 + 4,26 h^3, \text{ м/с}^2. \end{aligned}$$

Приведенные соотношения показывают, что если поля перемещений и скоростей описываются качественно сходными уравнениями, уравнение для ускорений существенно отличается от них. Это объясняется относительно малым временем воздействия нагрузки, передаваемой через шпалы, на грунтовой массив, при котором это воздействие имеет некоторые характерные черты удара.

Разумеется, указанные выше зависимости u , v , w от h относятся к конкретному массиву с характерным для него геологическим сложением. Однако, графо-аналитический подход к анализу результатов исследования напряженно-деформированного состояния и динамики грунтового массива

позволяет создавать базу данных для кластерного анализа типовой геологической структуры грунтового массива и выявлять случаи, требующие усиления земляного полотна на сети железных дорог, и в дальнейшем прогнозировать поведение массива при повышении скорости движения поездов после усиления.

4. Заключение

Результаты проведенного теоретического исследования сопоставлены с экспериментальными данными, полученными при проходе по перегону испытательного поезда с путеизмерительным комплексом. Получено удовлетворительное качественное и количественное совпадение теоретических и экспериментальных данных.

5 Литература

Вершинский С.В., Данилов В.Н., Челноков И.И. Динамика вагона. М., Транспорт, 1978 – 352 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ОСРЕДНЕНИЯ В ЗАДАЧЕ О ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЯХ

А.А. Ермошин

Аннотация

Исследуются колебания упругой механической системы под действием высокочастотного возмущения. Применение метода осреднения дает возможность преобразовать исходное неоднородное уравнение колебаний к осредненному однородному. Для частного случая гармонического возмущения проводится сравнение решений исходного и осредненного уравнений.

Ключевые слова: механическая система; колебания; метод осреднения.

Введение

При исследовании периодических колебаний различных систем часто встречаются случаи, когда частота внешнего воздействия ω значительно превышает собственную частоту системы k . В таких задачах оказывается эффективным метод осреднения, который позволяет существенно упростить задачу и при этом получить решение с достаточной степенью точности.

1. Математическая модель системы

Рассмотрим колебания одномассовой системы с одной степенью свободы. Уравнение колебаний запишем в виде

$$\ddot{y} + \gamma k \dot{y} + k^2 y = f(\omega t), \quad (1)$$

где y - координата объекта, γ - коэффициент сопротивления, $f(\omega t)$ - внешнее периодическое воздействие, имеющее размерность ускорения, а точкой над символом обозначено дифференцирование по времени t .

Для преобразования уравнения (1) к безразмерной форме введем безразмерное время

$$\tau = \omega t \quad (2)$$

и разделим обе части (1) на $A\omega^2$, где A - амплитуда внешнего перемещения:

$$\frac{d^2\left(\frac{y}{A}\right)}{d\tau^2} + \gamma \frac{k}{\omega} \frac{d\left(\frac{y}{A}\right)}{d\tau} + \frac{k^2}{\omega^2} \left(\frac{y}{A}\right) = \frac{f}{A k^2} \frac{k^2}{\omega^2}. \quad (3)$$

Если обозначить безразмерную координату

$$Z = \frac{y}{A}, \quad (4)$$

то уравнение колебаний представляется в следующей безразмерной форме

$$Z'' + \varepsilon \gamma Z' + \varepsilon^2 Z = \varepsilon^2 \varphi, \quad (5)$$

В этом уравнении штрихом обозначено дифференцирование по безразмерному времени τ , $\varphi = \frac{f}{A k^2}$ - безразмерное внешнее воздействие,

$\varepsilon = \frac{k}{\omega}$ - малая величина, так как $\omega \gg k$.

2. Осреднение уравнения колебаний

Применим к полученному уравнению (5) метод осреднения. Для этого введем новые переменные U и V в соответствии с формулами

$$\begin{cases} Z = U + \varepsilon^2 \varphi \\ Z' = \varepsilon V + \varepsilon^2 \varphi' \end{cases} \quad (6)$$

Из этих соотношений с учетом уравнения (5) получим

$$\begin{cases} U' = \varepsilon V \\ V' = \varepsilon \left[U - \gamma V + \varphi - \varphi'' \right] - \varepsilon^2 \gamma \varphi' - \varepsilon^3 \varphi \end{cases} \quad (7)$$

Система двух уравнений первого порядка (7) представляет собой стандартную систему метода осреднения с малым параметром ε . В этом случае безразмерное время τ является, так называемым, "быстрым" временем, по которому производится осреднение.

В уравнениях (7) от времени τ в явной форме зависит функция внешнего воздействия φ и её производные φ' и φ'' .

Ограничиваясь первым приближением метода осреднения и сохраняя прежние обозначения для основных переменных, получим

$$\begin{cases} U' = \varepsilon V \\ V' = \varepsilon \left[U - \gamma V + \bar{\varphi} - \bar{\varphi}'' \right] \end{cases} \quad (8)$$

Здесь чертой над символом обозначена осредненная функция.

Если внешнее воздействие – периодическое с постоянным нулевым уровнем, то $\bar{\varphi} = \bar{\varphi}'' = 0$. Тогда уравнения (8) приводятся к одному дифференциальному однородному уравнению второго порядка

$$U'' + \varepsilon \gamma U' + \varepsilon^2 U = 0, \quad (9)$$

которое описывает свободные затухающие колебания для новой переменной U .

Начальные условия для этого уравнения получаются из формул связи старых и новых переменных (6):

$$U|_{t=0} = \varphi - \varepsilon^2 \varphi; \quad U'|_{t=0} = \varphi' - \varepsilon^2 \varphi'. \quad (10)$$

3. Частный случай возмущения

Далее, в качестве примера рассмотрим известный случай гармонического внешнего воздействия

$$f(\omega) = B \sin \omega t, \quad (11)$$

где B – амплитуда внешнего воздействия, имеющая размерность ускорения.

Тогда, обозначая $\frac{B}{A k^2} = F$, получим безразмерную функцию внешнего воздействия

$$\varphi = F \sin \tau. \quad (12)$$

При этом начальные условия (10) принимают вид

$$U|_{t=0} = Z|_{t=0}; \quad U'|_{t=0} = Z'|_{t=0} - \varepsilon^2 F. \quad (13)$$

Возвращаясь к старой переменной Z , запишем известное решение осредненного уравнения (9) в виде

$$Z = e^{-\varepsilon \gamma \tau / 2} \left(Z_0 \cos k_1 \tau + \frac{Z'_0 + \frac{\varepsilon \gamma Z_0}{2}}{k_1} \sin k_1 \tau \right) + \varepsilon^2 F \left(\sin \tau - \frac{e^{-\varepsilon \gamma \tau / 2}}{k_1} \sin k_1 \tau \right), \quad (14)$$

где

$$Z_0 = Z|_{t=0}; \quad Z'_0 = Z'|_{t=0}; \quad k_1 = \varepsilon \sqrt{1 - \frac{\gamma^2}{4}}. \quad (15)$$

4. Сравнение решений

Сравним полученное решение с точным решением исходного уравнения (5), которое также известно:

$$Z = e^{-\varepsilon \gamma \tau / 2} \left(Z_0 \cos k_1 \tau + \frac{Z'_0 + \frac{\varepsilon \gamma Z_0}{2}}{k_1} \sin k_1 \tau \right) + H e^{-\varepsilon \gamma \tau / 2} \left(\sin \beta \cos k_1 \tau + \frac{\frac{\varepsilon \gamma}{2} \sin \beta - \cos \beta}{k_1} \sin k_1 \tau \right) + H \sin(\beta - \tau) \quad (16)$$

где

$$H = \frac{\varepsilon^2 F}{h}; \quad \sin \beta = \frac{\varepsilon \gamma}{h}; \quad \cos \beta = \frac{\varepsilon^2 - 1}{h}; \quad h = \sqrt{\varepsilon^2 - 1 + \varepsilon^2 \gamma^2}. \quad (17)$$

После преобразования формулы (16) и группировки слагаемых при одинаковых степенях ε получим

$$Z = e^{-\varepsilon \gamma \tau / 2} \left(Z_0 \cos k_1 \tau + \frac{Z'_0 + \frac{\varepsilon \gamma Z_0}{2}}{k_1} \sin k_1 \tau \right) + \frac{\varepsilon^2 F}{h^2} \left(\sin \tau - \frac{e^{-\varepsilon \gamma \tau / 2}}{k_1} \sin k_1 \tau \right) + \frac{\varepsilon^3 F}{h^2} \gamma \left(\cos \tau - e^{-\varepsilon \gamma \tau / 2} \cos k_1 \tau \right) + \frac{\varepsilon^4 F}{h^2} \left(\frac{e^{-\varepsilon \gamma \tau / 2}}{k_1} \left(1 - \frac{\gamma^2}{2} \right) \sin k_1 \tau - \sin \tau \right). \quad (18)$$

При малых ε имеем $h \approx 1$, поэтому решение (18) исходного безразмерного уравнения (5) с точностью до величин порядка ε^2 совпадает с решением (14) осредненного уравнения (9). Уточнение решения осредненного уравнения до величин порядка ε^3 и ε^4 возможно при использовании второго и последующих приближений метода осреднения.

5. Заключение

Таким образом, применение метода осреднения позволяет с заданной точностью решать исходное уравнение (1) для любого внешнего периодического воздействия с нулевым средним уровнем.

6. Литература

Волосов В.М., Моргунов Б.И. Метод осреднения в теории нелинейных колебательных систем. М., Изд-во Московского ун-та, 1971, 507 с.

Бабаков И.М. Теория колебаний. М., Наука, 1968, 559 с.

УДК 656.2:338.47

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ И ПЛАНИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАПАСОВ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

М.Н. Витченко

Аннотация

Потребность в объеме материальных ресурсов зависит от целого ряда факторов. Особенности планирования потребности обусловлены многообразием потребляемых материальных ресурсов, значительными колебаниями в объеме работ, недостаточной достоверностью имеющихся данных о запасах по хозяйствам. Уровень запасов определяет выбранная система планирования потребности, формой снабжения, финансовыми лимитами, периодичностью и объемом поставок.

Ключевые слова: планирование материальных ресурсов; объем поставок; уровень запасов; снабжение.

Введение

Создание запасов на железнодорожном транспорте обуславливается стремлением в максимально возможной степени обеспечить свою хозяйственную безопасность и независимость, а также гибко и оперативно реагировать на колебание предложения и спроса во внешней экономической среде. Общим для всех видов запасов является то, что они на время хранения фактически становятся омертвленным капиталом. Это заставляет оценивать возможности предприятия по поддержанию того или иного уровня запасов. На железнодорожном транспорте в настоящее время, основными источниками формирования запасов на железнодорожном транспорте являются краткосрочные кредиты и займы. Следовательно, рост производственных запасов приводит не просто к увеличению потребности в оборотных средствах, но дополнительным финансовым издержкам. Высокая доля затрат на материальные ресурсы в составе эксплуатационных расходов и затрат на формирование и хранение запасов материальных ресурсов определяет их значимость в качестве резерва повышения эффективности работы железных дорог.

1. Особенности определение отребности в материальных ресурсах

Номенклатура потребляемых материальных ресурсов, перемещаемых и складированных запасов на предприятиях железнодорожного транспорта,

может состоять из сотен и тысяч наименований. При этом основной особенностью ремонта подвижного состава железнодорожного транспорта является высокий уровень неопределенности производственной программы. Колебания, например, в объеме ремонта подвижного состава за сопоставимые плановые периоды по структурным подразделениям могут превышать 20%. Это, в свою очередь, вызывает значительный уровень колебаний объема и структуры потребляемых материальных ресурсов. Так квартальная заявка только по вагонному хозяйству насчитывает от 4500 до 7000 номенклатурных позиций в зависимости от размера запасов и планируемой программы ремонта. Следовательно, расчеты перспективной потребности в материальных ресурсах для структурных подразделений дороги не могут быть ни достаточно точными, ни окончательными.

2. Классификация запасов как элемент планирования

Для обеспечения эффективного процесса планирования потребности в материальных ресурсах и контроля их состояния необходима в первую очередь классификация всего многообразия потребляемых ресурсов по целевому назначению, стоимости и приоритетности. Отслеживать и поддерживать оптимальный уровень запасов, планировать периодичность и объем поставки без систематизации и классификации всего массива информации можно только приблизительно. Это особенно важно для подразделений дороги осуществляющих ремонт, так как ими потребляется и запасается до 10 тысяч номенклатурных позиций. Использование ABC-классификации и анализа номенклатуры потребляемых ресурсов должно позволить выделить важнейшие группы и позиции и определить для них стратегию управления. Внедрение программы АСУ «Запасы» привело к созданию классификационного справочника, в котором каждой номенклатурной позиции присваивается индивидуальный 10- значный код это существенно упрощает работу с большими массивами информации. Однако нет общедоступных специальных справочников для работников отраслевых служб и материально технического снабжения позволяющих получать необходимую информацию о взаимозаменяемости деталей и узлов.

1.2. Недостатки присущие системе контроля наличия запасов

Установление такой величины запасов, при которой непрерывность производственного процесса обеспечивается минимальными их размерами и с наименьшими затратами является важной задачей в области планирования и регулирования запасов. Вместе с тем, существующая на дороге система планирования потребности в материальных ресурсах и объема запасов имеет ряд существенных недостатков.

Планирование потребности в материальных ресурсах на предстоящий плановый период базируется на данных об имеющихся запасах на начало

периода, переходящих запасов на конец планируемого периода, по всем выделенным номенклатурным позициям и предстоящем объеме работ. Следовательно, контроль наличия материальных ресурсов должен позволять получать достоверные данные о запасах материальных ресурсов в структурных подразделениях. Однако именно достоверность данных о запасах, вызывает обоснованные сомнения. В структурных подразделениях дороги, как правило, отсутствуют штатные работники службы материально-технического снабжения. Отчет об остатках материальных ресурсов и заявку составляют кладовщики, не обладающие знаниями об особенностях технологии и взаимозаменяемости деталей и узлов, выпускаемых разными поставщиками и никак не заинтересованные в снижении запасов. Для большинства структурных подразделений дороги характерны «ручные» технологии учета наличия и движения материальных ресурсов. Это означает, что при огромном количестве номенклатурных позиций и разбросанности складских помещений получать достоверную информацию о запасах на конкретную дату своевременно практически невозможно. В результате заявка структурной единицы носит формальный характер.

3. Действующая система снабжения материальными ресурсами

Действующая система снабжения структурных подразделений дороги отличается высокой степенью централизации при ограниченных финансовых ресурсах, лимитируемых дорогой. Структурные подразделения лишены, какой либо самостоятельности в приобретении материальных ресурсов, даже хозяйственного инвентаря. Норматив запасов определен в 45 дней и включает в себя как производственные, так и страховые запасы. Фактическое время хранения, как правило, в 3-5 раз больше.

В настоящее время по принятой методологии ведения закупок в ОАО РЖД планирование поставок осуществляется поквартально с месячной разбивкой. Формирование заявки начинается со сбора информации о запасах и потребностях структурных подразделений в материальных ресурсах. Причем заявки формируются за два месяца до начала планового периода, в то время как программа ремонта доводится до структурных подразделений максимум за несколько дней. Структурные подразделения, в силу действующей системы учета наличия запасов, и неопределенности производственной программы ремонта на момент подачи заявки не в состоянии реально оценить потребность в материальных ресурсах. При этом заявки структурных подразделений на поставку материальных ресурсов полностью не удовлетворяются. Ограничения накладываются как с учетом с учетом финансовых лимитов, так и возможностей поставщиков, утвержденных рейтинговой комиссией. Таким образом, заявки служб формируется не на основании фактической потребности конкретных

структурных подразделений хозяйства в товароматериальных ценностях, а на основании усредненного потребления.

Колебания в поставках материальных ресурсов и интенсивности их потребления в дальнейшем вызывают разногласия во всех каналах распределения МТО, а необходимость осуществлять баланс между поставками и потреблением приводит к многочисленным согласованиям и изменениям. В результате, заявленная структурными подразделениями потребность в материальных ресурсах существенно отличается от их поставок по количеству, срокам и номенклатуре, что ставит под сомнение правильность и целесообразность выбранной схемы снабжения.

Преимущества централизованного снабжения считаются аксиоматичными, так как централизация обеспечивает единство заготовительной политики, консолидацию средств, сокращение запасов и простоту учета. Однако при наличии на дороге большого числа структурных подразделений потребляющих неоднородную продукцию, расположенных в разных географических районах зачастую предпочтительной оказывается децентрализованная либо смешанная форма снабжения. Для дороги наиболее целесообразна, по мнению автора именно смешанная форма организации снабжения.

При большом объеме их потребления для отдельных номенклатурных позиций целесообразна централизованная форма закупок. Для номенклатурных позиций потребляемых sporadически эффективна децентрализованная форма закупок, так как это позволяет сократить запасы материальных ресурсов и затраты на их приобретение и содержание. Выполненный автором анализ степени обеспечения основными запасными частями грузовых вагонных депо по ОЖД в 1 и 2 квартале 2004 год централизованно через Росжелдорснаб свидетельствует о крайне неравномерных поставках. Степень удовлетворения поставки колеблется по месяцам от 0 до 200%

4. Заключение

Следовательно, на дороге необходимо использовать адаптивную систему управления запасами, сочетающую плановые и реактивные методы планирования. Определив на основе предстоящей программы ремонта суммарную потребность в материальных ресурсах всего хозяйства, нет необходимости накапливать излишние материальные ресурсы в структурных подразделениях. Структурные подразделения должны иметь возможность самостоятельно закупать или получать с центрального склада определенный перечень номенклатурных позиций в пределах выделенных лимитов, без предварительных, перспективных заявок, ориентируясь на изменение ситуации. Также необходимо снижение степени централизации снабжения дорог и изменения системы финансирования дороги.

Дороги должна получить большую самостоятельность в использовании финансовых ресурсов. Это даст свободу в маневрировании ресурсами, возможность их взаимозамещения и оптимизации структуры поставок и запасов. Что позволит снизить издержки по хранению, транспортировке, формированию запасов материальных ресурсов и соответственно себестоимости транспортной продукции.

ОБ ОДНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ УРОВНЕМ КАПИТАЛОВОООРУЖЕННОСТИ ОАО «РЖД».

В. В. Гарбарук, П. В. Герасименко, А. Е. Красковский, В. А. Ходаковский

Аннотация

Рассмотрены методические вопросы построения математической модели принятия управленческого решения по обеспечению устойчивого уровня капиталовооруженности ОАО «РЖД». В основу модели положены динамическая модель экономического роста Солоу и линейная однородная производственная функция. Предложенная математическая модель дает возможность принимать обоснованные решения по распределению дохода ОАО «РЖД» на инвестиции и потребление.

Ключевые слова: производственная функция; доход; инвестиция; потребление; производительность труда.

Введение

Одним из наиболее важных решений, регулярно принимаемых в любой компании, в том числе и в ОАО «РЖД», является распределение дохода на накопление (инвестиции) и потребление. Для первоначальной оценки последствий такого решения предлагается использовать модель экономического роста макроэкономической системы.

1. Описание модели

При построении модели рассматривается состояние экономики ОАО «РЖД» в момент t , которое характеризуется совокупностью следующих величин: $Y(t)$ – доход ОАО РЖД; $C(t)$ – все формы потребления; $I(t)$ – инвестиции (накопления); $L(t)$ – объем трудовых ресурсов; $K(t)$ – основные фонды (капитал). Считается, что ресурсы: капитал $K(t)$ и труд $L(t)$ используются полностью.

Связь между указанными величинами задаются следующими соотношениями:

$$Y(t) = C(t) + I(t) \text{ – балансовое соотношение;}$$

$$Y(t) = F(K(t), L(t)) \text{ – производственная функция;}$$

$I(t) = s Y(t)$, – часть дохода, выделяемая на инвестиции, где s – норма накопления ($0 < s < 1$);

$$C(t) = (1 - s) Y(t) \text{ – часть дохода, выделяемая на потребление;}$$

$$I(t) = \frac{dK(t)}{dt} + \mu K(t) \text{ – распределение инвестиций;}$$

$$\frac{dL}{dt} = nL(t) \text{ -- изменение трудовых ресурсов по времени.}$$

Первые четыре соотношения очевидны. Первое уравнение означает, что конечный продукт идет либо на потребление, либо на накопление (инвестиции). Связь дохода с затратами труда и капитала (второе соотношение) описывается неоклассической производственной функцией $F(L, K)$, которая задана на неотрицательном ортанте евклидового пространства. Она дважды непрерывно дифференцируема и обладает следующими свойствами:

$$\frac{\partial F}{\partial K} > 0, \frac{\partial F}{\partial L} > 0, \frac{\partial^2 F}{\partial K^2} < 0, \frac{\partial^2 F}{\partial L^2} < 0, \frac{\partial^2 F}{\partial K \partial L} > 0; F(K, 0) = F(0, L) = 0.$$

Далее, фонд накопления (третье соотношение) составляет фиксированную часть дохода: $S(t) = sY(t) = s F(L, K)$, причем норма накопления s задается экзогенно. Аналогичное соотношение имеет место и для потребления (четвертое равенство): $C(t) = (1 - s) Y(t) = (1 - s) F(L, K)$.

Пятое уравнение означает, что инвестиции идут как на увеличение объема наличного капитала, так и на замещение изношенного капитала, где μ – коэффициент выбытия изношенного капитала. Следовательно, в модели за счет фонда накопления осуществляются все необходимые экономике инвестиции, то есть инвестиции, покрывающие износившийся капитал, и инвестиции, идущие на прирост капитала.

Шестое соотношение означает, что трудовые ресурсы $L(t)$ изменяются с постоянным темпом n . Проинтегрировав это дифференциальное уравнение, получим

$$L(t) = L_0 e^{nt},$$

где L_0 – объем трудовых ресурсов в начальный момент времени $t = 0$. Таким образом, в модели предполагается, что трудовые ресурсы в модели растут с постоянным экзогенно заданным темпом роста n .

2. Производственная функция

Примем предположение, что производственная функция $Y(t) = F(K(t), L(t))$ является линейной однородной функцией первой степени:

$$z F(K, L) = F(zK, zL).$$

Тогда

$$Y(t) = L(t) \cdot F(K(t)/L(t), 1) = L(t) \cdot f(k),$$

где $k = K(t)/L(t)$ и $f(k) = F(K(t)/L(t), 1)$.

Интерпретируя $y = Y(t)/L(t)$, как производительность труда, получим, что она определяется фондовооруженностью труда k в момент времени t , т.е. $y = f(k)$.

Учитывая, что

$$K(t)/L(t) = k, \quad \frac{dL(t)}{dt} \cdot \frac{1}{L(t)} = n, \quad \frac{dK(t)}{dt} = I(t) - \mu K(t),$$

получаем

$$\frac{dK(t)}{dt} \cdot \frac{1}{L(t)} = (I(t) - \mu K(t)) \cdot \frac{1}{L(t)} = (sY(t) - \mu K(t)) \cdot \frac{1}{L(t)} = sf(k) - \mu k.$$

Тогда

$$\frac{dk}{dt} = \frac{d(K/L)}{dt} = \frac{dK(t)}{dt} \cdot \frac{1}{L(t)} - \frac{K(t)}{L(t)} \cdot \frac{dL(t)}{dt} \cdot \frac{1}{L(t)} = sf(k) - \mu k - nk,$$

или, окончательно,

$$\frac{dk}{dt} = sf(k) - (\mu k + nk).$$

Экономическая интерпретация полученного дифференциального уравнения следующая: скорость фондовооруженности dk/dt увеличивается с ростом производительности труда $f(k)$ и нормы накопления s , а уменьшается с увеличением выделяемых средств на компенсацию износа фондов $\mu \cdot k$ и на прирост трудовых ресурсов $n \cdot k$. Для того чтобы значение k не менялось, дополнительной рабочей силе требуется $n \cdot k$.

Если в экономике ОАО «РЖД» имеет место рост объема труда и амортизация капитала, то обеспеченность капиталом единицы рабочей силы уменьшается на величину $(\mu + n)k$. Следовательно, экономике в этом случае для поддержания прежнего уровня капиталовооруженности необходимы инвестиции равные величине $(\mu + n)k$.

При условии $s \cdot f(k) > (\mu + n)k$ не все инвестиции идут на поддержание прежнего уровня капиталовооруженности. Это приводит к увеличению капиталовооруженности, следовательно, $dk/dt > 0$. В противном случае, если $s \cdot f(k) < (\mu + n)k$, инвестиции не способны поддержать прежний уровень капиталовооруженности, поэтому он падает и $dk/dt < 0$. Если в экономике инвестиций хватает только на поддержание прежнего уровня капиталовооруженности, $s \cdot f(k) = (\mu + n)k$, то увеличение ее не происходит и $dk/dt = 0$. Переменная k не меняется, что соответствует стационарному состоянию экономики компании.

3. Стационарное состояние

При $dk/dt = 0$ в экономике не происходит изменения капитала на одного работника. Другими словами для стационарной траектории $k(t) = k^* = \text{const}$. Отсюда следует, что

$$s \cdot f(k^*) - (\mu + n)k^* = 0.$$

Из приведенного соотношения следует, что уровень капиталовооруженности k^* соответствует точке пересечения графика накопления (вкладываемых инвестиций) $s \cdot f(k)$ и прямых инвестиций

$(\mu + n)k$, необходимых для поддержания прежнего уровня капиталовооруженности (рис.1).

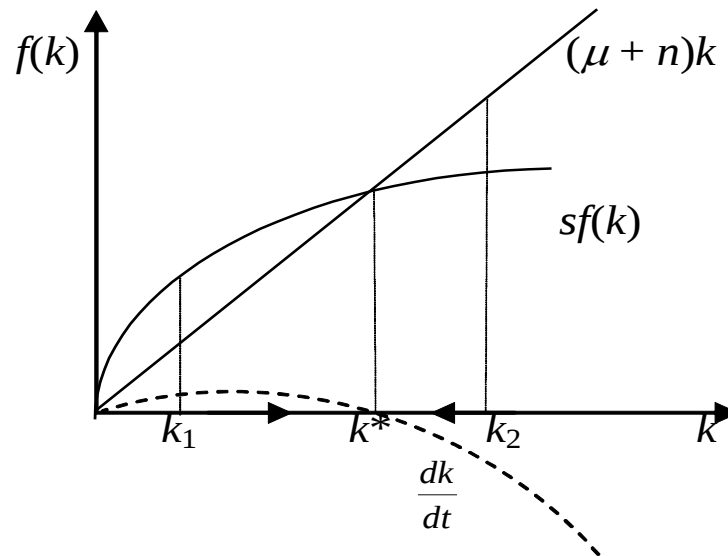


Рис.1 Определение уровня переменной k^*

Из равенства $s \cdot f(k) = (\mu + n)k$ можно найти уровень дохода и норму накопления, которые соответствуют устойчивому уровню капиталовооруженности. Например, для производственной функции Кобба – Дугласа $f(k) = A \cdot k^\alpha$ ($0 < \alpha < 1$) имеем $k^* = ((\mu + n)/sA)^{1/(\alpha-1)}$.

Рассмотрим, как ведут себя основные величины, описывающие состояние экономики на стационарной траектории. Так как $k^* = K(t)/L(t)$, то $K(t) = k^* L(t) = k^* L_0 e^{nt}$. Поскольку $Y(t) = L(t) \cdot f(k)$, то $Y(t) = L(t) \cdot f(k^*) = L_0 e^{nt} \cdot f(k^*)$. Отсюда следует, что

$$I(t) = s L_0 e^{nt} f(k^*) \text{ и } C(t) = (1-s) L_0 e^{nt} f(k^*).$$

Таким образом, вдоль стационарной траектории дифференциального уравнения для нормы фондовооруженности k^* все величины $K(t)$, $Y(t)$, $I(t)$ и $C(t)$ растут с постоянным во времени темпом, равным темпу n роста трудовых ресурсов.

На этой траектории производительность труда $y = Y(t)/L(t) = f(k^*)$, фондоотдача $Y(t)/K(t) = f(k^*)/k^*$ и потребление на единицу труда $c(t) = C(t)/L(t) = c f(k^*)$ являются постоянными величинами в любой момент времени t .

Следует заметить, что полученные результаты имеют место только для одного значения фондовооруженности – значения k^* . Если $k \neq k^*$, то указанный вывод не имеет места. Однако при отклонении начального условия k от значения k^* (например, величины k_1 или k_2 на рис 1.), в дальнейшем с ростом времени траектория $k(t)$ стремится к траектории k^* . График скорости dk/dt изменения переменной $k(t)$ на рис. 1 изображен пунктиром.

Таким образом, какова бы ни была норма накопления, экономическое развитие ОАО «ЖРД» асимптотически стремится к сбалансированному росту, при котором экономика в целом растет темпом, равным темпу роста рабочей силы.

4. Управление устойчивым уровнем капиталовооруженности

Уровень устойчивой капиталовооруженности k^* однозначно определен значениями нормы сбережения s , темпа роста объема труда n и нормы амортизации μ . Причем увеличение n и μ ведут к уменьшению устойчивого уровня капиталовооруженности, так как при $k^* = s \cdot f(k^*) / (\mu + n)$ имеем

$$\frac{dk^*}{dn} = \frac{dk^*}{d\mu} = -\frac{k^*}{(n + \mu) - sf'(k^*)} < 0.$$

Увеличение нормы сбережения ведет к увеличению устойчивого уровня капиталовооруженности, так как

$$\frac{dk^*}{ds} = \frac{f(k^*)}{(n + \mu) - sf'(k^*)} > 0.$$

Отрицательная зависимость устойчивого уровня капиталовооруженности от изменений темпа роста трудовых ресурсов и нормы амортизации объясняется тем, что при увеличении этих параметров большая, чем прежде часть инвестиций идет на поддержания прежнего уровня капиталовооруженности, но при этом уровень инвестиций остается неизменным. Положительную зависимость устойчивого уровня капиталовооруженности от нормы сбережения можно объяснять тем, что при увеличении нормы сбережения инвестиции увеличиваются. При том же уровне инвестиций, идущих на поддержание прежнего уровня капиталовооруженности, часть инвестиций, идущих на изменение капиталовооруженности растет.

5. Заключение

Предлагаемая математическая модель позволяет давать численную оценку при решении различных управленческих задач. Она дает возможность:

- принимать обоснованные управленческие решения по выбору направлений инвестирования в развитие существующей железнодорожной инфраструктуры и развитие железнодорожной сети в целом;
- обосновывать свои решения и свою позицию при организации проведении совместных инвестиционных проектов с региональными органами власти и бизнес-структурами;
- обосновывать роль и значимость развития социальной сферы, повышения квалификации персонала и заинтересованности персонала в результатах своего труда.

Консолидация расходов железной дороги

В.В. Градобоев, В.Г. Карчик, Е.А. Котова, О.А.Симакова

Аннотация

Реализация стратегической программы развития ОАО "РЖД" должна осуществляться на основе средств информационной технологии, консолидации данных, бизнес аналитики, сбалансированной системы показателей и других инструментов. Схема консолидации выполнялась с помощью трехмерных ссылок с операцией суммирования и гиперссылок с использованием формы 7-у и номенклатуры расходов в ЭТ Microsoft Excel. Представляется необходимым вести систематическую регулярную разработку консолидации аналитических структур данных на уровне филиалов, отделений и структурных подразделений ОАО «РЖД».

Ключевые слова: бизнес-аналитика, консолидация данных, номенклатура затрат, группировка расходов, ЭТ, Microsoft Excel.

Введение

Отсутствие регулярного информационного обеспечения в наиболее удобной для оперативных работников дороги форме вызывает существенные трудности в плане доступа к необходимой информации. Сегодня управленческая отчетность по расходам эксплуатационной деятельности дороги представлена формами 7-у и 6-жел.

Основные задачи консолидации данных состоят в следующем.

- облегчить доступ к данным;
- консолидировать данные по всем группировкам номенклатуры затрат;
- обеспечить аналитической информацией руководство дороги и руководителей разного уровня для принятия необходимых решений;
- сократить трудоемкость при составлении всякого рода справок и отчетов работниками служб в пределах управления, отделений и структурных подразделений дороги.

С другой стороны консолидация может использоваться как инструмент для разработки базы данных в среде ЭТ, например Microsoft Excel.

Использование графического сопровождения позволит визуализировать данные в виде структурных диаграмм, отражающих структуры расходов по элементам затрат - горизонтальный разрез, и по статьям (группам) расходов – вертикальный разрез.

1. Консолидация данных в MS Excel.

Для объединения данных, хранящихся в различных документах одинаковой структуры можно эффективно использовать консолидацию листов в электронных таблицах (ЭТ). Консолидация данных квартальных

отчетов может позволить получить годовые данные как сумму квартальных. Совершенно также можно автоматически объединять данные из разных источников одинаковой структуры, например о работе хозяйств, отделений, структурных подразделений. Весьма важное значение имеют операции, которые можно использовать при консолидации. В качестве операций могут выступать функции, приведенные в табл.1. Предусмотрено несколько способов консолидации в ЭТ MS Excel.

Таблица 1.

Операция	Результат
Сумма (SUM)	Сумма чисел.
Количество значений (COUNT)	Количество записей или строк данных. Используется по умолчанию для подведения итогов по нечисловым полям
Среднее (AVG)	Среднее чисел.
Максимум (MAX)	Максимальное число.
Минимум (MIN)	Минимальное число.
Произведение	Произведение чисел.
Кол-во чисел (COUNT)	Количество записей или строк, содержащих числа.
Несмещенное отклонение (STD)	Несмещенная оценка среднего квадратического отклонения генеральной совокупности по выборке данных.
Смещенное отклонение (STDS)	Смещенная оценка среднего квадратического отклонения генеральной совокупности по выборке данных.
Несмещенная дисперсия (VAR)	Несмещенная оценка дисперсии генеральной совокупности по выборке данных.
Смещенная дисперсия (VARs)	Смещенная оценка дисперсии генеральной совокупности по выборке данных.

По расположению, если данные исходных областей находятся в одном и том же месте и размещены в одном и том же порядке. Этот способ используется для консолидации данных нескольких листов, созданных на основе одного шаблона.

По категориям, если данные исходных областей не упорядочены, но имеют одни и те же заголовки. Этот способ используется для консолидации данных листов, имеющих разную структуру, но одинаковые заголовки.

С помощью трехмерных ссылок – наиболее универсальный. При использовании трехмерных ссылок отсутствуют ограничения по расположению данных в исходных областях.

2. Особенности существующей номенклатуры затрат

Сегодня вопросы консолидации данных и аналитических структур являются одной из актуальных тем в проблематике использования средств информационной технологии в корпоративном управлении за рубежом. В связи с этим рассмотрим основные средства консолидации аналитических структур данных.

В соответствии с проводимой структурной реформой на железнодорожном транспорте, предусмотрен постепенный переход к

функциональному принципу исчисления расходов. Введена классификация издержек по следующим видам деятельности: грузовые перевозки, предоставление услуг инфраструктуры, предоставление услуг локомотивной тяги (в пассажирском и грузовом движении), пассажирские перевозки в дальнем следовании, пассажирские перевозки в пригородном сообщении, ремонт подвижного состава, относящимся к основным видам деятельности, а также строительство объектов инфраструктуры, содержание социальной сферы и прочие виды деятельности.

Существующая номенклатура предусматривает группировку расходов по указанным выше основным видам деятельности. Ряд прямых специфических расходов непосредственно относятся на определенный вид деятельности (вид перевозок). Расходы, которые не могут быть отнесены прямо на соответствующий вид деятельности (вид перевозок), распределяются между ними пропорционально величинам измерителей-распределителей. Общие и общехозяйственные расходы распределяются между основными видами деятельности пропорционально ранее распределенным затратам на оплату труда.

Для осуществления группировки по видам деятельности статьи Номенклатуры предварительно объединяют в группы – укрупненные виды работ (УВР). Особенностью УВР является то, что при определении «полных» расходов основного вида деятельности они могут объединяться с частью других УВР. Например, в «полные» расходы по виду деятельности «Услуги локомотивной тяги» следует включать, кроме расходов по эксплуатации локомотивного парка, часть расходов по ремонту локомотивов и содержанию инфраструктуры, относящихся к этому виду деятельности.

3. Схема консолидации расходов Октябрьской железной дороги.

Основными источниками при обработке данных явились формы 7-у по расходам по разделу 1.1 "Перевозки" в разрезе хозяйств филиала ОАО «РЖД» Октябрьская ж.д. за 3, 6, 9 и 12 месяцев 2004 года.

Как известно, формы 7-у включают в себя наименование статей затрат, коды статей, коды строк, элементы экономических расходов и издержки «Всего».

Сама схема консолидации выполнялась с помощью трехмерных ссылок с операцией суммирования и гиперссылок следующим образом. Вначале для каждого хозяйства был выделен свой рабочий лист ЭТ. Сюда были занесены данные обо всех издержках в структуре и классификации затрат, предусмотренных формой 7-у и номенклатурой расходов. Исходные данные издержек накапливались в трех основных документах.

Первый из них представлял собой итоговую сводку расходов просуммированных по консолидационной схеме для каждой службы, включая прямые производственные расходы, расходы, общие для всех видов работ и мест возникновения затрат, общехозяйственные расходы без расходов на содержание аппарата управления, расходы по содержанию

аппарата управления и расходы всего по дороге по указанным экономическим признакам.

Второй документ включал в себя специальную форму (форма 1) на одном рабочем листе, где с помощью трехмерных ссылок с указанием всех полей и признаков формы 7-у отражались все издержки хозяйств в принятых структурах группировок.

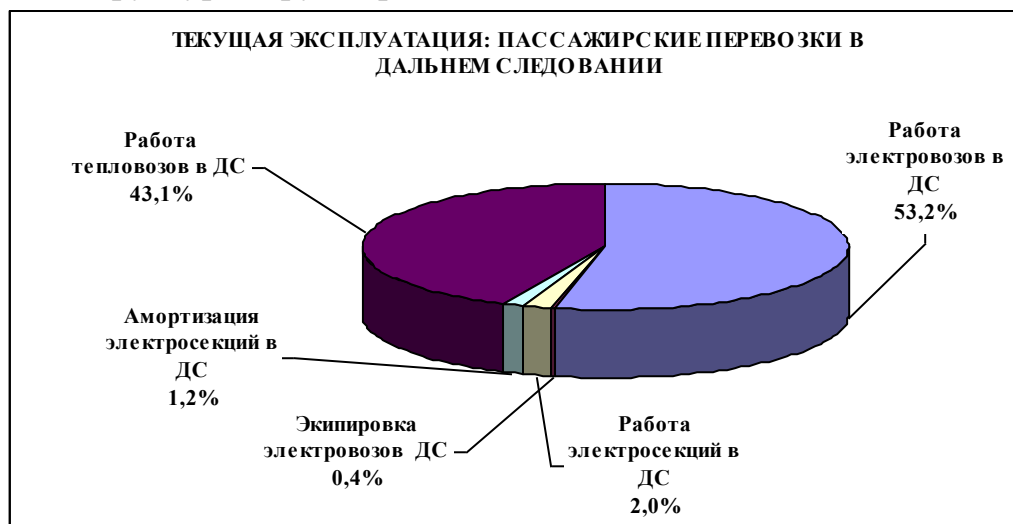


Рис.1

Издержки, полученные в форме 1, консолидировались в дальнейшем в третьем документе – форме 2. Структура этой формы соответствовала формату базы данных (БД), и в качестве полей БД включала в себя следующие признаки: наименования хозяйств, имя статьи, код статьи, элементы затрат, итого затрат по статье, итого материальных затрат.

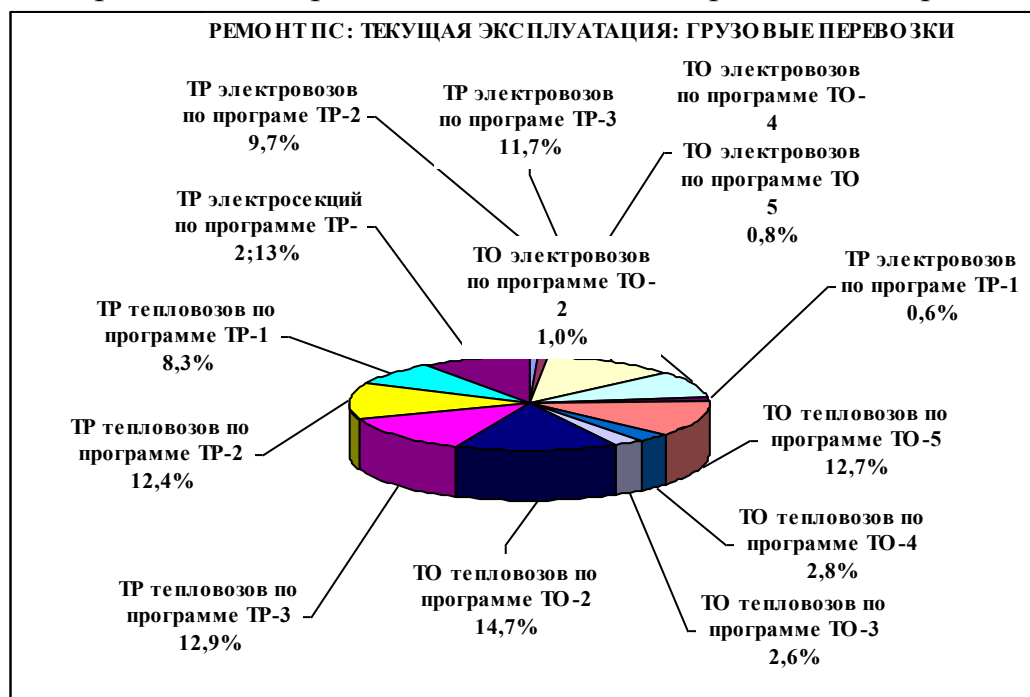


Рис.2

Наряду с описанной работой по консолидации структур данных была выполнена работа по визуализации данных сгруппированных расходов.

Такое графо-аналитическое сопровождение консолидации, выполняемое автоматически для каждого периода фактических издержек облегчает интерпретацию структуры и динамики данных.

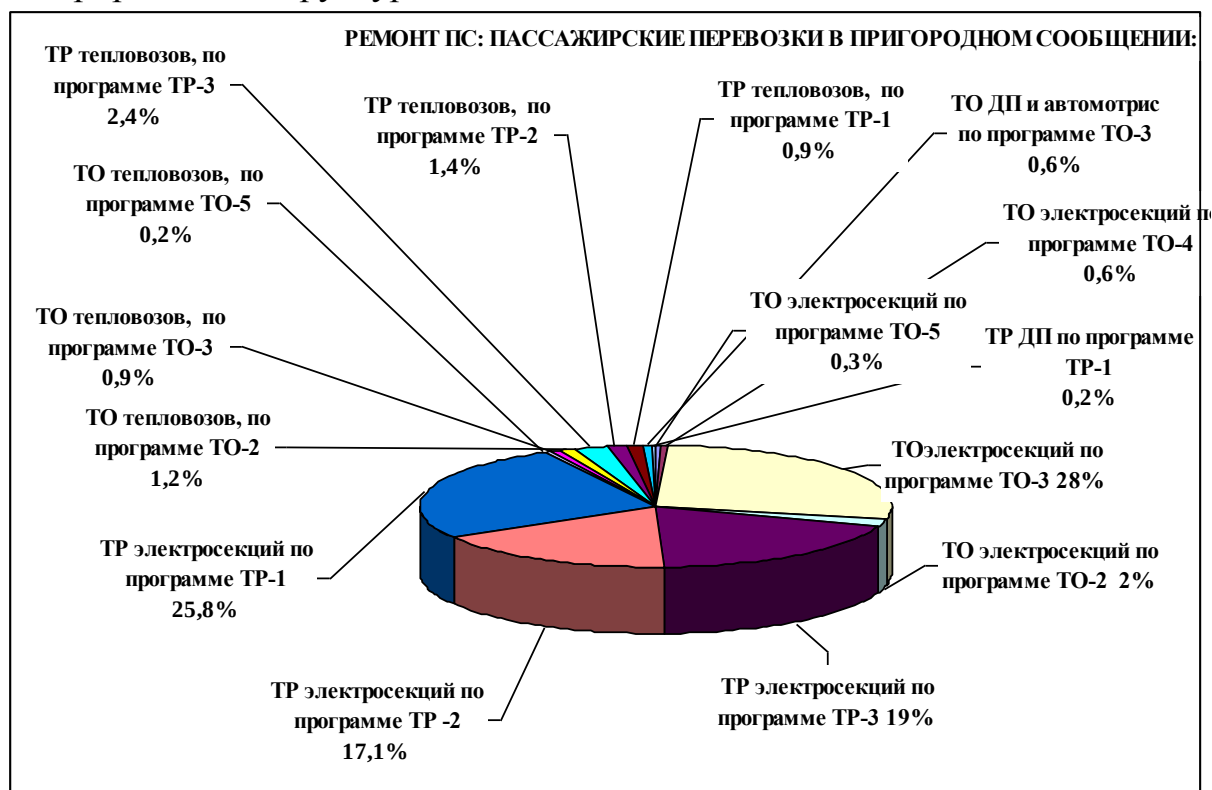


Рис.3

Примеры такого сопровождения по некоторым группам расходов по локомотивному хозяйству приведены на рис. 1- 4.

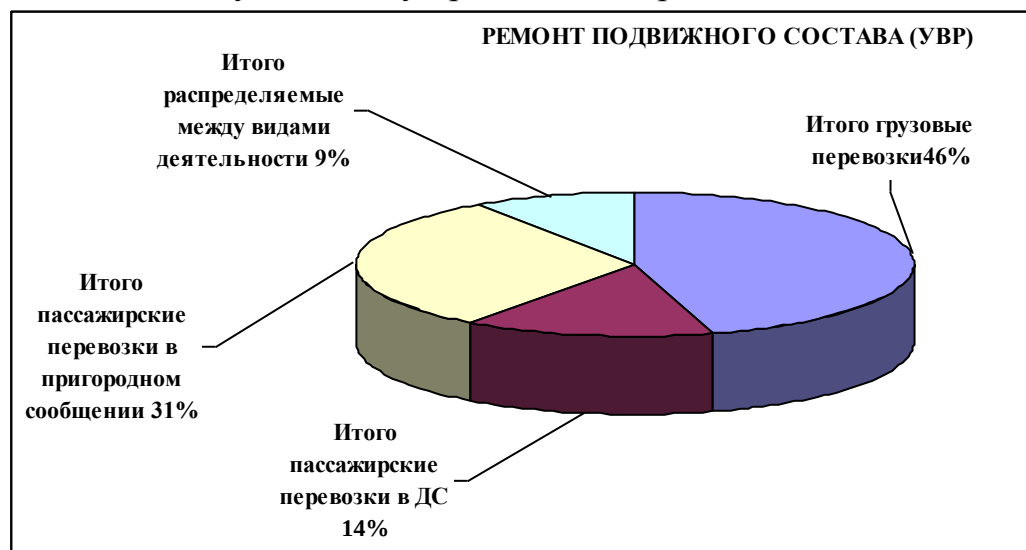


Рис.4

Сегодня вопросы консолидации данных и аналитических структур являются одной из актуальных тем в проблематике использования средств информационной технологии в корпоративном управлении за рубежом. В связи с этим необходимо использовать современные подходы в хранении и переработке информации, включая методы бизнес-аналитики, OLAP, ССП, основанные на использовании хранилищ и витрин данных.

ФАКТОР РИСКА И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ

М.И. Жолобов
Руководитель Свинцов Е.С.

Аннотация

Путь от формирования инвестиционной идеи до ее реализации сопровождается уточнением исходной информации. На более ранних этапах создания проектов исходная информация характеризуется повышенной степенью неопределенности. Под неопределенностью информации в данном случае понимается неполнота, или неточность технико-экономических показателей реализации проекта. Принимаемые для обоснования инвестиционных проектов данные могут иметь существенные отклонения фактических значений от проектных, особенно в условиях инфляции. Экономичность проектов в значительной степени зависит от качества исходной информации.

Ключевые слова: качество исходной информации, степень неопределенности.

Введение

Резкое сокращение объемов железнодорожного строительства в 1990-х годах XX в. и начавшееся оживление экономики России в начале XXI в. создали ситуацию спроса на рынке, как на сооружение новых линий, так и усиление существующих.

На нынешнем этапе восстановления экономического потенциала России государство не может выделять достаточно инвестиций на усиление мощности сети дорог. Кроме того, государство заинтересовано в строительстве подъездных железнодорожных путей приватизированных предприятий только в тех случаях, когда кроме транспортных задач отдельных частных предприятий решаются также народнохозяйственные и социальные проблемы региона. Все это требует разработки механизма привлечения частных капиталов в данный сектор народного хозяйства. Опыт многих стран показывает, что на первоначальном этапе послекризисного развития экономики страны одним из способов строительства железных дорог может служить заключение договоров концессии.

Широкому применению договоров концессии при строительстве и эксплуатации дорог в нашей стране препятствует отсутствие

законодательной базы в этой области, а также отсутствие методики оценки эффективности данного рода проектов.

1. Особенности разработки договора концессии при строительстве железных дорог

1.1. Основные положения договора концессии и принципы его применения при строительстве и эксплуатации железных дорог

Основные положения договора концессии должны определяться рядом базовых принципов, позволяющих учесть интересы как государства, так и инвесторов (концессионеров). Интересами государства являются обеспечение безопасности движения, как в отношении пассажиров и грузов, так и в отношении окружающей среды и смежных землепользователей. К интересам концессионеров относится получение подряда на строительство железной дороги, гарантированность возврата заемных средств, окупаемости инвестиций с необходимой нормой прибыли в установленные сроки.

Учитывая выполненное обобщение опыта его применения в России и за рубежом, можно предложить следующие основные принципы и условия для концессионного строительства и эксплуатации железных дорог. При этом под принципами понимаются основные руководящие правила, которым следуют при подборе инвесторов, проведении с ними переговоров и заключении договора концессии.

1. *Принцип платности*, в соответствии с которым, стороны по договору концессии должны определить стоимость своих вкладов в строительство объекта, а также согласовать необходимую норму прибыли (дисконта), с которой будут возвращены инвестиции.

2. *Принцип моделирования денежных потоков*. Принцип моделирования денежных потоков позволяет отразить типичное поведение и различие в интересах отдельных участников строительства железной дороги на основе договора концессии, различие в их оценках риска, стоимости капитала, выражающихся в индивидуальных значениях нормы дисконта, продолжительности расчетного периода, ожидаемых вариантах развития событий, альтернативности возможных вариантов инвестиций, потребности в оборотном капитале, необходимом для функционирования создаваемых в ходе реализации договора концессии производственных фондов.

3. *Принцип положительности и максимума эффекта* для всех участников договора концессии. При этом, для государства в составе эффекта должна быть учтена бюджетная и социальная эффективность (создание рабочих мест, рост реальных доходов населения, снижение социальной напряженности, повышение привлекательности региона для ведения предпринимательской деятельности), для остальных участников проекта – коммерческая эффективность.

4. *Принцип срочности.* Принцип срочности позволяет установить ответственность концессионера по выполнению взятых на себя обязательств с точки зрения соблюдения продолжительности отдельных этапов договора концессии, а также предложить органу государственного управления инструмент контроля за деятельностью концессионера.

5. *Принцип возвратности.* Данный принцип применяется в отношении обеих сторон договора концессии. Для государства он означает, что переданное имущество и права другому концессионеру должны быть возвращены после окончания договора концессии, т.е. железная дорога должна будет стать государственной. Для концессионера этот принцип означает, что все инвестированные средства он должен себе вернуть за счет доходов от эксплуатации дороги за определенный период времени, именуемый сроком окупаемости, который входит в срок договора концессии.

7. *Принцип целевого использования* также имеет обоюдное значение для сторон договора концессии и должен быть закреплён в тексте договора в качестве одного из его существенных условий. Принцип целевого использования применяется как к строительному этапу договора концессии, так и к его эксплуатационному этапу.

8. *Принцип преемства,* в соответствии с которым должны быть решены вопросы передачи концессионеру на весь период договора прав, а также ограничения на их использование; прав на созданные за счет концессионера неотделимые улучшения, которые не являлись предметом договора концессии (возвращается ли их стоимость концессионеру после окончания договора концессии и как она определяется); возможность привлечения субконцессионеров. Использование данного принципа позволит снизить риск проекта для концессионера, что сделает строительство железной дороги более привлекательным объектом инвестиций и облегчит поиск инвесторов и проведение с ними переговоров.

2.2. Современная методика оценки и показатели эффективности инвестиционных проектов

До начала заключения договора концессионер оценивает его эффективность. В настоящее время оценка эффективности любых инвестиционных проектов осуществляется в соответствии с методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования.

Основными показателями, позволяющими оценить целесообразность любого мероприятия, проекта, инновации являются:

- ЧД - чистый доход (в английской терминологии *NV – net value*);
- ЧДД - чистый дисконтированный доход или интегральный эффект (в английской терминологии *NPV – net present value*).
- дисконт проекта - разность между ЧД и ЧДД;

- ВНД(Р) - внутренняя норма доходности (рентабельности) (в английской терминологии *IRR – internal rate of return*);
- срок окупаемости (в английской терминологии *PP – payback period*), который может определяться как без дисконтирования (простой срок окупаемости), так и с учетом дисконтирования. Можно отметить, что второй из них всегда больше первого срока окупаемости;
- ПФ - потребность в финансировании, которую называют также капиталом риска, из-за того, что величина ПФ показывает минимальный объем внешнего (заемного) финансирования, необходимый для обеспечения финансовой реализуемости проекта. Если данный показатель определяется с учетом дисконтирования, то он называется ДПФ;
- ИД - индексы доходности затрат или инвестиций. Индекс доходности затрат и индекс доходности инвестиций могут быть рассчитаны как с учетом, так и без учета дисконтирования. При этом индекс доходности дисконтированных инвестиций (ИДД) равен отношению ЧДД к накопленному дисконтированному объему инвестиций плюс единица.

Основными показателями, используемыми для сравнения различных инвестиционных проектов (вариантов проекта) и выбора лучшего из них, являются показатели ожидаемого интегрального эффекта $\mathcal{E}_{ож}$ (экономического - на уровне народного хозяйства, коммерческого - на уровне отдельного участника).

В общем случае расчет ожидаемого интегрального эффекта рекомендуется производить по формуле (Критерий Гурвица):

$$\mathcal{E}_{ож} = \lambda * \mathcal{E}_{max} + (1 - \lambda) * \mathcal{E}_{min} \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{max}$ и $\mathcal{E}_{min}$ - наибольшее и наименьшее из математических ожиданий интегрального эффекта (нормы дисконта) по допустимым вероятностным распределениям;

λ - специальный норматив для учета неопределенности эффекта, отражающий систему предпочтений соответствующего хозяйствующего субъекта в условиях неопределенности. При определении ожидаемого интегрального экономического эффекта его рекомендуется принимать на уровне 0,3.

3. Назначение методики оценки риска инвестиционного проекта

В исследовании производится оценка риска инвестиционного проекта с помощью метода Монте-Карло в сочетании с методом экспертных оценок. Для решения задачи были проведены несколько серий вычислительных экспериментов по оценке влияния различных стохастических параметров величину риска инвестиционного проекта. Для выполнения моделирования и обработки результатов моделирования использовался комплекс программ

на базе системы MATLAB, предоставляющий возможность проводить анализ результатов моделирования с помощью средств визуализации.

На рисунках 1,2 приведены квантили случайной величины λ и $\mathcal{E}_{\text{ож}}$ при различных уровнях согласованности экспертов.

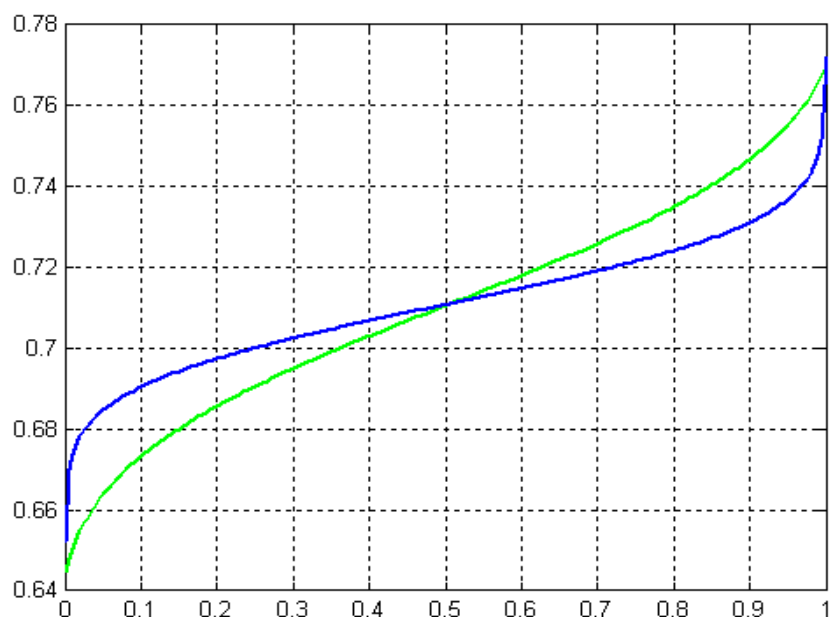


Рис. 1. Квантили случайной величины λ при высокой (более изогнутая) и низкой степени согласованности экспертов.

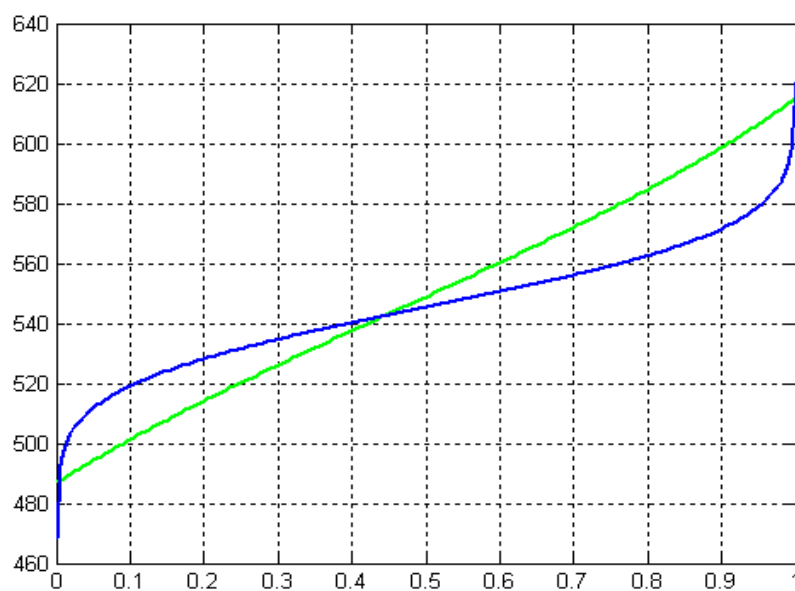


Рис. 2. Квантили случайной величины ожидаемого эффекта при высокой и низкой степени согласованности экспертов.

4. Заключение

В ходе вычислительного эксперимента предложен способ назначения норматива неопределенности, позволяющий в значительной степени сократить объем работы, не вычисляя все промежуточные значения ожидаемого эффекта, по различным сценариям развития событий (при оптимистических и пессимистических нормах дисконта) на примере договоров концессии. Для концессионных проектов величина норматива для учета неопределенности эффекта принимается равной 0,71.

5. Литература

- Вадзинский Г.Н. “Справочник по вероятностным распределениям” С.П.Наука 2001г. С-295.
- Чистяков В.П. “Курс теории вероятностей” М.Агар – 2000г. С -256.
- Соболь И.М. Численные методы Монте-Карло. – М.: Наука, – 1973.
- Волков Б.А. Экономическая эффективность инвестиций на железнодорожном транспорте в условиях рынка. - М.: Транспорт, –1996. С-192.
- Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. – М.: Наука, –1982. С-296.

К ПРОБЛЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

А.А. Краснощек

Аннотация

Раскрывается сущность экономической безопасности предприятия. Особое внимание уделено классификации угроз экономической безопасности. Приведены основные понятия, критерии и индикаторы экономической безопасности железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: экономическая безопасность, угроза безопасности, индикаторы, пороговые значения

Введение

Формирование рыночных отношений, преобразование форм собственности, изменение мотивации труда определяют необходимость учета новых предпосылок управления и обеспечения устойчивой производственно-хозяйственной деятельности. Среди них особая роль отводится поддержанию должного уровня безопасности хозяйствующих субъектов как условия сохранения достигнутых темпов развития и стабильного функционирования экономики. В этой связи в последнее время возросло внимание к проблемам потенциальных и реальных угроз, возникла необходимость формулировки концепции развития хозяйствующих субъектов с учетом обеспечения их безопасности.

1. Понятие безопасности и классификация угроз безопасности

Проблема экономической безопасности никогда не существовала сама по себе, а являлась производной в зависимости от задач экономического роста на каждой ступени развития общества. Конкретное содержание этой проблемы изменяется в зависимости от сложившихся в данный период внешних и внутренних условий.

Внешние условия (среда) формируются под воздействием факторов, которые не зависят от деятельности производственного коллектива, но результаты деятельности предприятия определяются в значительной степени его внешней средой. Поэтому необходимо знание этой среды и умение реагировать на ее изменения и воздействия на внутренние структуры предприятия. Само же предприятие, как открытая система, зависит от внешней среды в отношении поставок ресурсов, энергии, кадров, а также потребителей (рис.). Поэтому предприятия вынуждены приспосабливаться к этой среде, чтобы сохранить эффективность,

конкурентность и устойчивость, а в конечном счете экономическую безопасность.

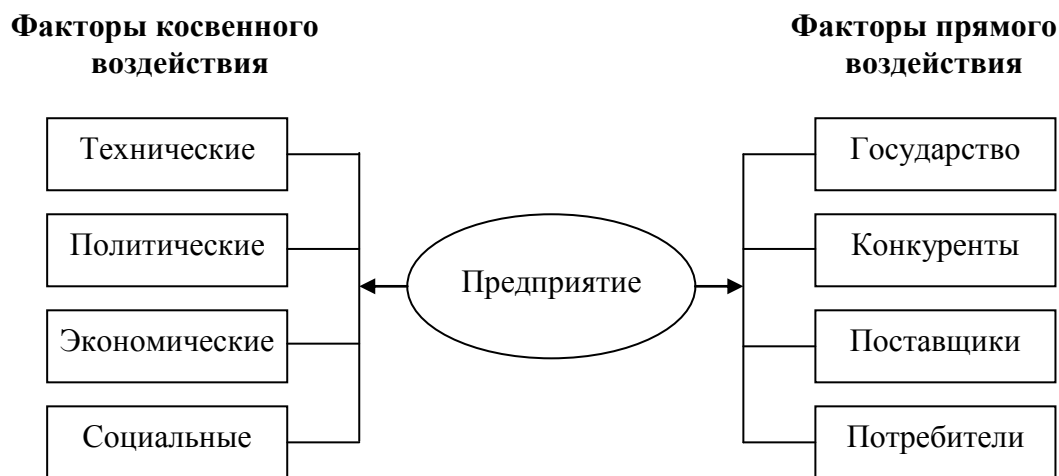


Рис. Основные факторы внешней среды

Внутренние условия формируются под воздействием множества факторов, определяющих работу производственного коллектива. По назначению их условно можно разделить на факторы:

- 1) ресурсного обеспечения;
- 2) обеспечивающие желаемый уровень экономического и технического развития предприятия;
- 3) обеспечивающие эффективность производственно-хозяйственной деятельности.

Сущность экономической безопасности можно определить как совокупность взаимосвязанных мероприятий организационно-правового характера, осуществляемых в целях защиты деятельности организации (предприятия, фирмы, компании) от внешних и внутренних факторов и от реальных или потенциальных действий физических или юридических лиц, которые могут привести к существенным экономическим потерям.

Ряд авторов [3, 4] отмечают, что в прикладном аспекте все трактовки понятия «безопасность» в прямом или косвенном виде включают следующие основные положения:

- наличие угроз;
- наличие жизненно важных интересов объектов защиты;
- баланс интересов между ними.

С нашей точки зрения, первичным в предложенных определениях является именно наличие угроз. Это естественно, иначе при отсутствии угроз – от чего же защищаться? Вторичным аспектом является наличие жизненно важных интересов, т.е. тех интересов, реализация которых определяет само существование объектов защиты, и без которых объекты перестают существовать как единое целое. Например, для государства –

это суверенитет и целостность границ, экономический рост; для предприятия – эффективная текущая деятельность и устойчивые тенденции развития. Что касается баланса интересов – то это категория хотя и подчиненная, но также крайне важная, ибо без соблюдения такого баланса возникает угроза «выпячивания» интересов одного из объектов защиты в ущерб другим.

Более подробно рассмотрим зависимость системы обеспечения безопасности от различных видов угроз. Закон Российской Федерации «О безопасности» [1] определяет угрозу безопасности как совокупность условий и факторов, создающих опасность жизненно важным интересам личности, общества, государства и его структурным звеньям.

В данном определении сущность этого понятия можно несколько расширить: любое возмущение, внешнее или внутреннее, выводящее объект из состояния устойчивого равновесия, обеспечивающего его стабильное функционирование и развитие, может трактоваться как угроза.

В нормативных документах и научной литературе приводятся классификации по различным признакам [2, 3]. Наиболее развернутая классификация угроз экономической безопасности представлена в таблице.

Т а б л и ц а

Развернутая классификация угроз экономической безопасности

№ п/п	Принцип классификации	Виды вероятностных угроз
1	По источнику	Внутренние Внешние
2	По природе возникновения	Политические Экономические Криминальные Правовые Конкурентные Экологические Техногенные
3	По отношению к человеческой деятельности	Объективные Субъективные
4	По объекту посягательства	Информация Финансы Персонал
5	По вероятности реализации	Реальные Потенциальные
6	По последствиям	Всеобщие Локальные
7	По величине ожидаемого ущерба	Катастрофические Значительные Вызывающие трудности
8	По возможностям прогнозирования	Прогнозируемые Непрогнозируемые

Неразрывно связанной с решением проблемы экономической безопасности предприятия является оценка ее уровня, которая может производиться на базе сопоставления фактических данных с пороговыми значениями показателей, характеризующих состояние экономики предприятия по таким функциональным составляющим как финансовая, кадровая, технологическая информационная, управленческая, рыночная.

Под пороговыми значениями понимаются количественные параметры показателей, уровень значений которых позволяет заблаговременно сигнализировать о возможной опасности и принять меры по ее устранению. Пороговые значения определяют границу между безопасными и опасными значениями показателей, переход которых не позволяет контролировать угрозы его экономической безопасности.

2. Показатели экономической безопасности транспортных предприятий

Проблема обеспечения экономической безопасности имеет большое значение для такой стратегически важной отрасли, как транспорт. Стабильная работа всех видов транспорта является неотъемлемым условием функционирования экономики России. Однако, переход к рыночным отношениям, существенные структурные изменения форм собственности сопровождались снижением объемов перевозок транспортных предприятий, предельным износом основных производственных фондов, ухудшением основных показателей производственно-финансовой деятельности. Эти тенденции характеризуют предпосылки нарушения устойчивого функционирования и целостности транспорта, т.е. снижения или потери экономической безопасности.

Железнодорожный транспорт является важнейшей составной частью транспортного комплекса и обеспечение его экономической безопасности можно считать приоритетным.

К сожалению, до настоящего времени пока не установлен официальный перечень угроз и показателей экономической безопасности на железнодорожном транспорте, что отмечают в своих работах ученые-транспортники [4, 5].

Все многообразие угроз и показателей экономической безопасности железнодорожного транспорта можно разделить на две группы: внешние и внутренние.

К внешним угрозам предлагается отнести: снижение государственной поддержки инвестиционных программ, потеря расходов и конкурентоспособности в результате государственного регулирования тарифов в конкурентных сегментах рынка транспортных услуг, повышение стоимости топливно-энергетических ресурсов, активизация инфляционных процессов и др.

К внутренним угрозам экономической безопасности железнодорожного транспорта нами отнесены: снижение безопасности перевозочного процесса, рост текучести кадров и снижение мотивации эффективности труда, старение основных средств, уровень применения новых информационных технологий в организации и управлении перевозочным процессом, снижение качества транспортного обслуживания, снижение качества использования подвижного состава, сбалансированность ресурсов и уровня их использования, замедление процесса реформирования, высокий уровень дебиторской и кредиторской задолженности и др.

В дальнейшем для оценки состояния экономической безопасности железнодорожного транспорта необходимо создать систему взаимосвязанных показателей и критериев, а также разработать методическую базу для их определения.

Систематический контроль за показателями экономической безопасности железнодорожного транспорта, их количественными значениями позволит противостоять внутренним и внешним угрозам, сохранить устойчивость функционирования всех звеньев транспортного процесса.

Заключение

В современных условиях хозяйствования железнодорожный транспорт, являясь материальной основой процесса обращения, все в большей степени становится основным условием обеспечения экономической безопасности национальной экономики, что предполагает решение ряда отраслевых проблем:

- повышения инвестиционной привлекательности с целью поддержания необходимого технического уровня подвижного состава, объектов инфраструктуры;
- дерегулирования тарифов в конкурентных сегментах транспортного рынка;
- повышения финансовой и социальной стабилизации.

Библиографический список

1. Закон РФ «О безопасности» № 1189 от 05.03.1992.
2. Указ Президента РФ «Концепция национальной безопасности» № 1300 от 17.12.1997.
3. **Грунин О.А., Грунин С.О.** Экономическая безопасность организации. – СПб.: Питер, 2002. – 160 с.
4. **Персианов В.А.** Железнодорожный транспорт и экономическая безопасность России / Вестник университета. Серия управления на транспорте: № 1, ГУУ. М.: 2001. – С. 5–9.
5. **Терешина Н.П., Лapidус Б.М. и др.** Экономическая безопасность. Учебное пособие. – М.: МИИТ, 2001. – 54 с.

ПРОБЛЕМЫ ВНУТРЕННИХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Ж.В.Михайлова

Аннотация

Внутренние экономические взаимоотношения организаций железнодорожного транспорта обусловлены наличием организованной системы внутрихозяйственных расчетов, которая может решить проблемы прозрачности финансовой информации, возможности принятия грамотных управленческих решений и снижения внутренних затрат отрасли при оказании услуг перевозки.

Ключевые слова: внутрихозяйственные расчеты; взаимоотношения; финансовые потоки; внутреннее ценообразование; управление.

Введение

Принимая во внимание цели, задачи и принципы реформы железнодорожного транспорта, необходимо создать модель системы внутрихозяйственных расчетов, учитывающую основные потребности преобразования отрасли.

Моделью системы внутрихозяйственных расчетов ОАО «Российские железные дороги» выступает учет, при организации которого следует учитывать обозначенные задачи реформирования: установить прозрачность финансовой информации отрасли и разработать методы снижения затрат.

Следует также отметить, что внутренние экономические взаимоотношения на железнодорожном транспорте во многом предопределяются организационной структурой компании.

1.Необходимость организации системы внутрихозяйственных расчетов на железнодорожном транспорте

В отрасли железнодорожного транспорта, как и в других естественных монополиях, появилась необходимость в ликвидации некоторых противоречий между структурными подразделениями и отделениями дорог, отделением и железной дорогой, а также отраслью в целом, так как каждый уровень имел свои определенные цели, отличные от целей всего транспортного комплекса в целом.

По нашему мнению, организационная структура отрасли железнодорожного транспорта не способна была решить две противоположные задачи: сохранить устойчивость от внешних и внутренних влияний и обеспечить реакцию на разнообразие изменений в

процессе функционирования, а также финансовую прозрачность деятельности отрасли.

Принимая во внимание данный факт, существующая организационная структура железнодорожного транспорта не могла отвечать рыночным требованиям и эффективно конкурировать с другими видами транспорта. В данной связи совершенствование организационной структуры железнодорожного транспорта должно быть направлено на перестройку внутренних взаимосвязей. Иными словами, каждая организация отрасли, структурное подразделение должны функционировать и развиваться во взаимосвязи друг с другом, способствуя достижению общей цели управления.

В условиях реформирования отрасли организационная структура начинает изменяться по направлению к корпоративной структуре управления железнодорожного транспорта.

По нашему мнению, реальное отражение финансового состояния таких объединений возможно только через организованную систему внутрихозяйственных расчетов.

Система внутрихозяйственных расчетов функционирует и развивается, как правило, в корпоративных организационных структурах, образованных группой экономических субъектов (организаций).

Учитывая отечественный опыт по созданию моделей корпоративных организаций, формирование системы внутрихозяйственных расчетов сводится к двум основным, хотя и разноплановым задачам, а именно:

1. преобразованию группы организаций в единый хозяйственный комплекс с централизованным управлением (с элементами децентрализации);
2. обеспечению руководителей инструментами оперативного управления и финансового контроля за работой организаций группы.

Следует отметить, что в качестве определенной технологии деятельности, управления группой организаций и их подразделениями могут рассматриваться методы управления их финансовыми потоками. Как правило, именно в этой области они наиболее эффективны, так как позволяют управлять группой организаций как единым финансово-хозяйственным механизмом.

Вместе с тем финансовые потоки системы внутрихозяйственных расчетов группы организаций можно разделить на две основные категории. Одни финансовые потоки образуют средства, связанные с текущими операциями хозяйственных субъектов. Эти потоки соответствуют продажам продукции, работ, услуг, закупкам товарно-материальных ценностей, выплатам заработной платы и прочее. Центрами потоков текущих операций группы организаций являются дочерние компании, филиалы, зависимые компании, различные обособленные подразделения.

Другие финансовые потоки отражают перераспределение активов, текущие инвестиции и долгосрочные (перспективные) капиталовложения. В отличие от текущих финансовых потоков управление инвестиционными потоками требует иных методов и подходов.

Операционные финансовые потоки и потоки капиталов тесно взаимосвязаны, поэтому полная картина внутрихозяйственных расчетов и операций должна учитывать всю финансовую систему и охватывать процессы формирования, накопления и распределения ресурсов группы экономических субъектов в рамках ОАО «Российские железные дороги».

2. Основы учета внутренних взаимоотношений в отрасли

В основе системы внутрихозяйственных расчетов группы организаций лежат определенные взаимоотношения. Они очень разнообразны и зависят от соотношения сил и значимости участвующих сторон. Взаимоотношения (взаимосвязи) между экономическими субъектами группы (ОАО «Российские железные дороги») определяются обязательствами.

Опираясь на экономическую точку зрения, обязательство предопределяет обмен ресурсами, которые имеют денежное выражение. Кроме того, обязательство локализовано во времени, т.е. должны быть определены момент начала действия обязательства и период времени, в течение которого оно действует. И, наконец, обязательство должно быть юридически оформлено. Любые внутренние обязательства железнодорожного транспорта должны быть оформлены и отражены в учете.

Система внутрихозяйственного расчета не существует без управления, бухгалтерского и оперативного учета, анализа. Главную роль во внутрихозяйственном расчете на крупных советских предприятиях играл, прежде всего, бухгалтерский учет, поскольку планирование и нормирование – разовые процессы, а внутрихозяйственный учет, как элемент обратной связи в этой системе, – непрерывный и постоянный. Учет и сегодня является решающим звеном в системе внутреннего управления группой организаций на железнодорожном транспорте.

Как справедливо заметил В.Ф. Палий «любой вид учета (в том числе и внутрихозяйственный) – это система наблюдения (мониторинга) и контроля, формирующая информацию обратной связи в управлении экономическими (хозяйственными) организациями, их объединениями и более общими системами. Только на основе информации обратной связи невозможно решить задачи внутреннего управления хозяйственными процессами». [2]

Практика советского бухгалтерского и производственного учета показала, что система внутрихозяйственных расчетов в группе организации позволяет комплексно использовать планирование, нормирование, учет и анализ во внутреннем управлении

производственными затратами, а также обоснованно стимулировать их экономию на различных организационных уровнях железнодорожного транспорта.

Как отмечает В.Ф. Палий бухгалтерский (финансовый) учет ограничивается управлением только теми процессами, для учета которых он предназначен. Таким образом, бухгалтерский учет в системе внутрихозяйственных расчетов раскрывает информацию по показателям, содержащимся в финансовой отчетности, описания операций и хозяйственных фактов, имеющих существенное значение для оценки и анализа финансового состояния и финансовых результатов.

По нашему мнению, комплексный подход к организации системы внутрихозяйственных расчетов должен включать в себя современные методы бухгалтерского и управленческого учета, которые позволят обеспечить объективные потребности производства и управления объединением группы организаций.

Заключение

В качестве выводов необходимо рассмотреть применяемую систему внутрихозяйственных расчетов, в которой можно выделить несколько направлений формирования внутренней экономической информации:

- 1) расчеты по текущим операциям (или операционный поток), включающие приобретение и продажу материалов, передачу обязательств или взаимозачеты между организациями группы и внешними субъектами; расчеты по выделенным (распределяемым) оборотным средствам и прочее;
- 2) капитализация средств организации (или инвестиционный поток), включающий выделение имущества структурным подразделениям; формирование централизованного амортизационного фонда с целью учета и контроля восстановления производственных фондов;
- 3) расчеты при оказании услуг, изготовлении продукции внутри группы организаций, которые отражают внутренние затраты группы организаций и тем самым являются базой для внутреннего (или трансфертного) ценообразования.

На сегодняшний момент в организациях железнодорожного транспорта практически не уделяется внимания внутреннему ценообразованию, основанного на внутрихозяйственных методах калькулирования работ, услуг, продукции. Главная проблема трансфертного (внутреннего) ценообразования в организациях железнодорожного транспорта лежит в организации системы внутрихозяйственных расчетов, которая должна отражать возможности моделирования и снижения внутренних затрат компании ОАО «Российские железные дороги».

Библиографический список

1. Программа структурной реформы на железнодорожном транспорте (с комментариями). – М.: МЦФЭР. – 2001 г. – 240 с.
2. Палий В.Ф., Палий В.В. Управленческий учет – новое прочтение внутрихозяйственного расчета.//Бухгалтерский учет. – 2000 г. - № 17 – с. 23-27

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТАРИФОВ В ПРИГОРОДНОМ ПАССАЖИРСКОМ ДВИЖЕНИИ

Л.Г. Прохорова

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы создания и функционирования пригородных пассажирских компаний. Актуальной является проблема установления тарифов на перевозку пассажиров в пригородном сообщении. Рассмотрены новая методика формирования тарифов и возможность использования ценовой дискриминации в пригородных пассажирских тарифах.

Ключевые слова: пригородные пассажирские компании; методика формирования тарифов; ценовая дискриминация.

Введение

В условиях реформирования железнодорожного транспорта и реорганизации ОАО «РЖД» актуальным и чрезвычайно важным является рассмотрение проблем, связанных с созданием пригородных пассажирских компаний. Основной задачей создаваемых компаний будет выход на безубыточный уровень работы.

Данная статья посвящена рассмотрению основных проблем, стоящих перед пригородным пассажирским движением, а также освещены возможные варианты совершенствования тарифов данного вида сообщения.

1. Проблемы создания Пригородных пассажирских компаний

Согласно Программе структурной реформы пригородное пассажирское сообщение выделяется в отдельный независимый вид деятельности. В последующем предполагается создание пригородных компаний в форме дочерних обществ ОАО «РЖД» с участием администраций субъектов РФ, на территории которых будут функционировать компании.

Вливание частного капитала в создаваемые компании приветствуется, однако наплыва инвесторов со стороны бизнес структур не наблюдается. Объяснение такого положения дел имеется – убыточность данного вида деятельности. Доход от продажи билетов ничтожен, огромное количество льготных категорий пассажиров, груз социальной ответственности, неполная компенсация убытков региональными бюджетами – это лишь наиболее очевидные проблемы пригородного пассажирского движения.

Создание Пригородных пассажирских компаний должно вывести данный вид перевозок на новый качественный уровень. Если на рынке железнодорожных перевозок ППК будут оставаться монополистами, то на рынке пригородных перевозок в целом они столкнутся с серьёзной конкуренцией со стороны автомобильного транспорта.

Проведенные маркетинговые исследования в Московской и Ленинградской областях, показали, что всё большее количество пассажиров отдаёт предпочтение при выборе способа передвижения маршрутным автобусам. Железнодорожный транспорт уступает и в удобстве расписания, и в комфортности поездки. Лишь по одному пункту железнодорожники не имеют конкурентов – безопасность поездки, но всегда ли думает об этом пассажир. Рыночные отношения выдвигают на первый план другие показатели конкурентоспособности – цена и качество.

Величина тарифа всегда была больной темой для пригородных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. Уровень тарифа искусственно занижался по причине социальной значимости данного вида перевозок. Стоимость билета даже наполовину не покрывала себестоимости перевозки. Убытки от пригородного сообщения брала на себя сама дорога, покрывая их доходами от грузового движения. С созданием ППК практика перекрестного субсидирования исчезнет. Роль компенсатора за понесенные убытки должны взять на себя администрации субъектов РФ.

Необходимо заметить, что создание ППК является одним из вариантов решения проблемы убыточности пригородных перевозок. Задача компаний будет состоять в выходе на рентабельный уровень работы. Добиться этого возможно не только путем сокращения льготных категорий на проезд, установкой на станциях автоматических пропускных турникетов, но и рационально используя коммерческие и торговые площади на вокзалах и пригородных станциях.

2. Совершенствование пригородных тарифов

2.1. Новая методика построения тарифов в пригородном пассажирском движении

Большое значение на этапе отказа от перекрестного субсидирования имеет методика формирования тарифа на пассажирские перевозки. Важно учесть все минусы существовавшей модели и предложить новую, учитывающую современные экономические отношения.

ВНИИЖТом была подготовлена «Методика построения тарифов на перевозки пассажиров в пригородном сообщении», включающая в себя новую модель расчета тарифа на пригородные пассажирские перевозки, основанную на ряде принципиальных положений. Эти положения определены в «Концепции построения тарифов на перевозки пассажиров в пригородном сообщении», также предложенной ВНИИЖТом.

Согласно Методике тариф должен устанавливаться на основе экономически обоснованных затратах железных дорог и создать условия для развития конкуренции и недискриминационного функционирования пассажирских компаний-перевозчиков.

В структуре тарифа предусматривается выделение нескольких составляющих (элементов - по местам возникновения затрат). Это сделано для достижения прозрачности деятельности предприятий железнодорожного транспорта, обеспечения условий для развития конкуренции в области пригородных пассажирских перевозок и выявления области сокращения эксплуатационных затрат.

2.2. Использование ценовой дискриминации в построении тарифов

Пригородные компании, являясь монополистом на рынке железнодорожных перевозок, имеют широкие возможности для установления различных видов тарифов, используя ценовую дискриминацию.

В экономической теории принято выделять 3 вида ценовой дискриминации: совершенную, в зависимости от объема покупки и ценовую дискриминацию по группам потребителей.

Цель любой ценовой дискриминации заключается в максимально возможном изъятии потребительского излишка. В случае совершенной конкуренции монополист полностью изымает потребительский излишек. Ценовая дискриминация второго вида предусматривает установление различных цен в зависимости от объема покупки. Третий тип ценовой дискриминации используется, когда монополист имеет возможность разделить потребителей на группы и устанавливать для каждой группы различные цены.

Ценовая дискриминация и ранее использовалась в пассажирских перевозках. Примером могут служить абонементы и многоразовые проездные билеты, стоимость одной поездки по ним тем ниже, чем большее количество поездок пассажир оплачивает.

Развитие пригородного пассажирского движения позволит наиболее полно использовать возможности ценовой дискриминации. Так, установление различных тарифов может зависеть не только от объема покупки, но и от времени поездки (час «пик» и обычное время, выходные и будничные дни), качества предоставляемой услуги (комфортабельные электрички) и т.д.

Заключение

Реформирование железнодорожного транспорта в целом затрагивает все стороны организации перевозочного процесса, в том числе и тарифообразование. В связи с этим вопросы совершенствования тарифов являются актуальными и чрезвычайно важными.

Новая методика установления тарифов может обеспечить перевозчикам равные экономические возможности для конкуренции на единой инфраструктуре.

Использование ценовой дискриминации позволит ППК увеличить свои доходы, улучшая качество предоставляемых услуг.

Библиографический список

1. Программа структурной реформы железнодорожного транспорта.
2. Проект Методики построения тарифов на перевозки пассажиров в пригородном сообщении.
3. Концепция построения тарифов на перевозки пассажиров в пригородном сообщении
4. **Вурос А., Розанова Н.** "Экономика отраслевых рынков", Москва, 2000г.
5. **Шерер Ф., Росс Д.** "Структура отраслевых рынков", Москва, 1997г.

АТМОСФЕРООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

О.М. Сопина

Аннотация

Рассмотрено становление на железнодорожном транспорте природоохранных мероприятий, в частности, охрана атмосферы. Показано состояние сервисного обслуживания и ремонта экологических измерительных систем, а также значение платного природопользования.

Ключевые слова: пункт экологического контроля (ПЭК), компьютерные газоанализаторы, экологические измерительные системы.

Введение

Железнодорожный транспорт в Российской Федерации занимает исключительно важное место в жизнеобеспечении многоотраслевой экономики и реализации социально значимых услуг по перевозке пассажиров, поэтому устойчивость его работы зависит от своевременного решения проблем охраны природы, соответствия производственной деятельности экологическим нормам и требованиям.

В нашей стране вопросам экологии уделяется недостаточное внимание, а мероприятия по снижению выбросов финансируются по остаточному принципу. В общей сумме эксплуатационных расходов железных дорог России затраты на охрану окружающей среды не превышают 1 %, хотя от решения проблемы охраны окружающей среды может зависеть дальнейшая привлекательность железнодорожного транспорта, а следовательно и развитие перевозок [1].

1. Атмосфероохранная деятельность в отрасли

1.1. Значение капитальных вложений

Деятельность железнодорожного транспорта в наибольшей степени отражается на атмосфере. Значительный вклад в загрязнение воздушного бассейна вносят стационарные источники загрязнения: котельные, шпалопропиточные и щебеночные заводы, промывочно-пропарочные станции, локомотивные и вагонные депо, заводы по ремонту подвижного состава и путевой техники, предприятия промышленного железнодорожного транспорта, дезинфекционно-промывочные станции.

Анализ классификации источников вредных выбросов показывает, что при строительстве железных дорог и объектов отрасли загрязнение атмосферы происходит, в основном, неорганической пылью песка и щебня

при добыче, транспортировке и укладке балласта. Другим источником загрязнения воздушного бассейна является сжигание топлива различными видами строительных машин и механизмов, используемых на строительных работах, а также тепловозами на отделениях временной эксплуатации. В этих случаях в атмосферу выбрасываются продукты неполного сгорания топлива – окись углерода, окислы азота, сернистый ангидрид и сажа [2].

Важным действенным шагом в области охраны атмосферного воздуха стало Постановление Совета Министров СССР № 746 от 12.08.82 г. «Об утверждении положения о государственном учете вредных воздействий на атмосферный воздух», которое предусматривало на дорогах и заводах создать природоохранные лаборатории по контролю за вредным воздействием на атмосферу.

Во многих городах и регионах страны лишь к середине 80-х годов в связи с резким ухудшением состояния атмосферного воздуха наметился рост капиталовложений в охрану атмосферного воздуха. Он достиг своего максимального значения в 1988 году. Однако затем проявилась отчетливая тенденция к снижению объемов централизованных капитальных вложений и собственных средств, направляемых на охрану атмосферы. Так, если в 1988 году запланированные МПС капитальные вложения в атмосферноохранную деятельность составляли 42,45 млн. рублей, то в 1990 году составил всего 29,61 млн. рублей, или 70% уровня 1988 года. Соответственно сократился ввод в действие мощностей для улавливания и обезвреживания вредных веществ из отходящих газов [3].

1.2. Пункт экологического контроля

В результате исследований удалось установить для всех серий поездных и маневровых тепловозов возможные по их техническим характеристикам предельно допустимые нормы выбросов. Затем были проведены испытания сотен тепловозов, что позволило создать прочный базис для организации пунктов экологического контроля и регулировки дизелей по технико-экологическим параметрам (ПЭК). Первый такой пункт был спроектирован и построен в 1993 году в локомотивном депо Батайск. Вскоре он превратился в хорошую лабораторную базу, где отрабатывались технологические процессы экологических испытаний, проходили апробацию и модернизацию измерительные приборы и комплексы, в том числе и зарубежные газоанализаторы, дымомеры и другие. В результате удалось отобрать и адаптировать для условий Российских железных дорог наиболее совершенные компьютерные газоанализаторы последнего поколения, которые автоматически фиксируют в отработанных газах дизеля содержание окислов азота, окиси углерода, диоксидов углерода, углеводородов, сернистого ангидрида и т.д.

Они же позволяют определять коэффициент избытка воздуха, объем отработанных газов, температуру и давление в различных точках дизеля.

На ряде дорог сети проводятся крупномасштабные работы, направленные на снижение загрязнения окружающей среды за счет повышения эффективности сооружений и устройств для очистки выбросов и сбросов вредных веществ с осуществлением контроля за их количеством и химическим составом. Для этого в депо и на локомотиворемонтных заводах с 1994 года начали создавать пункты экологического контроля (ПЭК) и внедрять контроль за выбросом вредных веществ в атмосферный воздух тепловозами (при реостатных испытаниях) и дизелями (при испытаниях на стендах). Для организации таких пунктов Министерством экологии РФ рекомендовано использовать разработки НИИ механики и прикладной математики Ростовского государственного университета (НИИ РГУ). К 2005 году на железных дорогах создано более 100 ПЭК, многие из них оснащены компьютерными газоанализаторами и специальными системами пробоотбора и пробоподготовки в соответствии с ГОСТ Р 50953-96 [4].

2. Экологические измерительные системы

2.1. Сервисное обслуживание и ремонт экологических измерительных систем

Экологические измерительные системы для определения выбросов вредных веществ в атмосферный воздух обеспечивают производственный экологический контроль на железнодорожном транспорте. В настоящее время они эксплуатируются в локомотивных депо и на локомотиворемонтных заводах железнодорожного транспорта для проведения регулярных проверок тепловозов в условиях эксплуатации, при текущих и капитальных ремонтах, находятся в составе производственных экологических лабораторий дорог, обеспечивающих экологические измерения котельных и других производств, имеющих технологические печи.

Такие системы получили широкое распространение при контроле путевой техники (Постановление Правительства РФ № 83 от 06.02.2002 года). Кроме того, экологические измерительные системы данного класса рекомендуется использовать для определения вредных выбросов дизель-поездов, вагонов-рефрижераторов и других видов дизельного подвижного состава.

На основании измерений, полученных с помощью вышеописанных систем, территориальные органы МПР России выдают разрешения на выбросы и начисляют плату за загрязнение окружающей среды линейным подразделениям железных дорог и ремонтным предприятиям железнодорожного транспорта. Таким образом, функционирование

измерительных систем, связано с производственными процессами и эксплуатационными расходами.

В настоящее время, сервисное обслуживание и ремонт экологических измерительных систем данного класса осуществляется на сервисном центре НПП «Экология транспорта» НИИ МиПМ РГУ, созданного в 1995 году при участии Юго-Восточной и Северо-Кавказской железных дорог. На этом сервисном центре обслуживаются и ремонтируются приборы как отечественных производителей, так и ведущих зарубежных фирм. Однако, в связи с развитием экологического приборостроения, нуждаются в совершенствовании и сами ремонтные технологии.

В России имеется очень ограниченное количество сервисных центров для приборов данного класса, в основном по причинам наукоемкости ремонтных технологий и специфичности ремонтируемой техники. Так, например, имеется один аналогичный ремонтный центр в РАО «ЕЭС» и один в РАО «Газпром». Однако, особенности экологических измерительных систем железнодорожного транспорта делают проблематичным их ремонт на этих центрах.

Состояние парка эксплуатируемых экологических систем и другого оборудования ПЭК, которое зависит от качества ремонта и проверки приборов, влияют на экологические параметры. При возможности качественного ремонта измерительных экологических систем и выполнении оборудованием ПЭК своих функциональных возможностей, будет обеспечено снижение вредных выбросов в атмосферу дизельного подвижного состава, а также снижение платежей за загрязнение окружающей среды на 20-40%. Поэтому совершенствование ремонтно-производственной базы и технологий является на данный момент актуальной задачей.

Так как наибольшее количество вредных веществ в атмосферу поступает от стационарных источников – котельных, то для снижения выбросов котельных выполнены работы по уменьшению расхода потребляемого топлива и вследствие этого выбросов загрязняющих веществ. В частности, разработана конструкторская документация и начато внедрение мазутных и газомазутных устройств котлов малой мощности, позволяющих экономить за год до 30т условного топлива на одну котельную и снизить выбросы не менее чем на 2%.

Для снижения выбросов загрязняющих веществ, снижения потребления топлива создан маневровый газотепловоз, работающий на природном газе (85%) с запальной порцией дизельного топлива (15%). При эксплуатации практически отсутствует дымность выхлопных газов, а их токсичность в 2-2,5раза ниже, чем на серийных тепловозах. Строительство опытных тепловозов производится на Брянском машиностроительном заводе, а также проводятся работы по созданию магистральных газотепловозов [1].

2.2. Платное природопользование

Большое значение для железнодорожного транспорта имеет проблема платного природопользования, то есть установление порядка начисления платы за загрязнение окружающей среды. Для тепловозов величина экологических платежей составляет десятки миллионов рублей. В период с 1992 по 2002 годы на железнодорожном транспорте для расчета платы за выбросы вредных веществ в атмосферный воздух использовали несколько методик. Расчеты НПП «Экология транспорта» НИИ механики и прикладной математики Ростовского государственного университета (НИИМ и ПМ РГУ) показали, что экономические затраты при применении разных методик на федеральном железнодорожном транспорте далеко не однозначны. Так, выплаты экологическим территориальным органам за выбросы вредных веществ маневровыми тепловозами составляют от 24,38 до 874,26 рублей (на один тепловоз), а магистральными – от 246,52 до 7134,29 рублей (на одну секцию). Поэтому необходимо откорректировать систему выплат штрафов за загрязнение атмосферного воздуха дизельным подвижным составом и согласовать ее с Министерством природных ресурсов России. (Предложения НПП «Экология транспорта» НИИ МиПМ Ростовского государственного университета (РГУ) в план НИОКР МПС России на 2003г. от 19.03.2002г., с. 1-2.)

3. Заключение

Руководствуясь законом РФ «Об охране окружающей среды», следует определить первоочередные задачи и соответствующие мероприятия, направленные на снижение уровня загрязнения. К таким мерам относятся: создание нормативной базы и технических средств экологического контроля и совершенствование механизма платного природопользования. Ведущую роль в рассмотрении данных вопросов играют капитальные вложения природоохранного назначения, которые можно считать высокоэффективным направлением инвестиционной политики отрасли, позволяющих достичь значительного народнохозяйственного и социального эффектов и характеризовать природоохранную деятельность как одно из приоритетных направлений развития общества.

4. Литература

1. А.П. Лавров, Н.П. Зубрева. Экология и охрана окружающей среды. Бюллетень ОСЖД, 42 год издания (244). – Варшава: ОСЖД.- 1999. №2, - С. 1-6.
2. Цховребов Э.С. Охрана окружающей среды на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт. - 1994.- 354 с.
3. М.С. Соловьева. Экономическая эффективность атмосфероохранных мероприятий./ Железнодорожный транспорт. - М.: ЦНТБ МПС.- 1992. №10, С.47-49.
4. Чичин В.А., Чичин А.В. Повышать экологическую безопасность./Локомотив. - М.: Железнодорожное дело. - 2002г. № 7, С. 31-33.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Астапович А.В.	Коренев Л.И.
Бестужева А.Н.	Корниенко А.А.
Бетенев Д.Г.	Котова Е.А.
Брынь М.Я.	Красковский А.Е.
Буянов А.Б.	Краснощек А.А.
Варенцова Т.В.	Кузнецов А.В.
Веселкин П.А.	Мазнев А.С.
Витченко М.Н.	Миронов Д.В.
Вьюненко Л.Ф.	Митрофанова И.В.
Гарбарук В.В.	Михайлова Ж.В.
Герасименко П.В.	Никитин В.М.
Глухарев М.Л.	Прохорова Л.Г.
Градобоев В.В.	Савкин Н.М.
Грошев Г.М.	Свинцов Е.С.
Доев В.С.	Седых Д.В.
Доронин Ф.А.	Симакова О.А.
Евстифеев М.М.	Смирнова Л.А.
Еремеев М.А.	Сопина О.М.
Ермошин А.А.	Султанова Н.Э.
Жолобов М.И.	Суханов С.А.
Иванова Ж.В.	Ткаченко А.С.
Индейкин А.В.	Федоров П.И.
Каралис М.Д.	Ходаковский В.А.
Карчик В.Г.	Черняк Н.А.
Киселев И.Г.	

АВТОРЫ СТАТЕЙ

- Астапович Анатолий Владимирович*** кандидат технических наук, доцент
Военного топографического института,
конт. телефон 230-85-32 доб. 5-16
- Бестужева Алла Николаевна*** кандидат физико-математических наук
кафедры «Прикладная математика»,
конт. телефон 168-87-73
- Бетенев Дмитрий Геннадьевич*** выпускник аспирантуры ПГУПС,
конт. телефон 8-911-900-23-87
- Брынь Михаил Ярославович*** кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Инженерная
геодезия», конт. телефон 768-85-38
- Буянов Александр Борисович*** доктор технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Теплотехника и
теплосиловые установки»,
конт. телефон 768-85-37
- Варенцова Татьяна Валерьевна*** аспирант кафедры «Электроснабжение
железных дорог»,
конт. телефон 768-83-16
- Веселкин Павел Александрович*** аспирант кафедры «Инженерная
геодезия», конт. телефон 768-85-38
- Витченко Маргарита Николаевна*** старший преподаватель кафедры
«Экономика транспорта»,
конт. телефон 436-90-82
- Вьюненко Людмила Федоровна*** кандидат физико-математических наук
кафедры «Прикладная математика»,
конт. телефон 168-87-73
- Гарбарук Виктор Владимирович*** кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Высшая
математика», конт. телефон 768-88-172
- Герасименко Петр Васильевич*** доктор технических наук, профессор
кафедры «Математика и моделирование»,
конт. телефон 768-88-172
- Глухарев Михаил Леонидович*** аспирант кафедры «Информатика и
информационная безопасность»,
конт. телефон 310-34-72
- Градобоев Виталий Валерьевич*** начальник экономической службы

Октябрьской железной дороги филиала
ОАО «РЖД», конт. телефон 768-83-14

- Грошев Геннадий Максимович*** кандидат технических наук, доцент
кафедры «Управление эксплуатационной
работой», конт. телефон 768-85-25
- Доев Виталий Семенович*** доцент кафедры «Теоретическая
механика», конт. телефон 768-82-49
- Доронин Феликс Александрович*** кандидат технических наук, доцент
кафедры «Теоретическая механика»,
конт. телефон 717-62-10
- Евстифеев Михаил Михайлович*** инженер-конструктор ООО
"Транскомплект", конт. телефон 567-6580
- Еремеев Михаил Алексеевич*** доктор технических наук, профессор
кафедры «Информатика и
информационная безопасность»,
конт. телефон 310-34-72
- Ермошин Алексей Александрович*** кандидат технических наук, доцент
кафедры «Теоретическая механика»,
конт. телефон 768-82-49
- Жолобов Максим Иванович*** аспирант кафедры «Изыскания и
проектирование железных дорог»,
конт. телефон 768-85-27
- Иванова Жанна Васильевна*** кандидат технических наук, докторант
кафедры «Здания»,
конт. телефон 768-83-23
- Индейкин Андрей Викторович*** доктор технических наук, профессор
кафедры «Теоретическая механика»,
конт. телефон 314-83-02
- Каралис Максим Дмитриевич*** аспирант кафедры «Инженерная
геодезия», конт. телефон 768-85-38
- Карчик Валентин Георгиевич*** кандидат экономических наук, доцент
кафедры «Экономика транспорта»,
конт. телефон 768-85-06
- Киселев Игорь Георгиевич*** доктор технических наук, профессор
кафедры «Теплотехника и теплосиловые
установки», конт. телефон 768-85-37
- Корнев Леонид Иванович*** кандидат технических наук, профессор
кафедры «Изыскания и проектирование
железных дорог», директор Музея

ПГУПС, конт. телефон 713-46-51

- Корниенко Анатолий Адамович*** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информатика и информационная безопасность», конт. телефон 310-34-72
- Котова Евгения Алексеевна*** аспирант кафедры «Экономика транспорта», конт. телефон 768-85-06
- Красковский Александр Евгеньевич*** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Радиотехника», конт. телефон 768-86-34
- Краснощек Анатолий Анисимович*** первый заместитель начальника Октябрьской железной дороги филиала ОАО «РЖД», конт. телефон 768-61-30
- Кузнецов Анатолий Всеволодович*** аспирант кафедры «Здания», конт. телефон 768-83-23
- Мазнев Александр Сергеевич*** доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрическая тяга», конт. телефон 768-85-36
- Миронов Дмитрий Васильевич*** главный специалист Института по проектированию сигнализации, централизации, связи и радио на железнодорожном транспорте «ГИПРОТРАНССИГНАЛСВЯЗЬ» филиала ОАО «РЖД», конт. телефон 768-34-21
- Митрофанова Ирина Владимировна*** старший преподаватель кафедры «Теплотехника и теплосиловые установки», конт. телефон 768-85-37
- Михайлова Жанна Владимировна*** аспирант кафедры «Бухгалтерский учет и аудит», конт. телефон 768-87-57
- Никитин Владимир Мстиславович*** кандидат технических наук, доцент кафедры «Прочность материалов и конструкций», конт. телефон 768-82-34
- Прохорова Людмила Георгиевна*** аспирант кафедры «Экономика транспорта», конт. телефон 768-85-06
- Савкин Николай Михайлович*** кандидат технических наук, доцент кафедры «Прочность материалов и конструкций», конт. телефон 768-82-34
- Свинцов Евгений Степанович*** доктор технических наук, профессор,

	заведующий кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог», конт. телефон 768-85-27
<i>Седых Дмитрий Владимирович</i>	аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», конт. телефон 768-85-79
<i>Симакова Ольга Анатольевна</i>	аспирант кафедры «Экономика транспорта», конт. телефон 768-85-06
<i>Смирнова Любовь Александровна</i>	начальник службы бухгалтерского и налогового учета Октябрьской железной дороги филиала ОАО «РЖД», конт. телефон 768-60-20, 768-60-26
<i>Сопина Ольга Михайловна</i>	аспирант кафедры «История», конт. телефон 768-82-64
<i>Султанова Нина Эдуардовна</i>	аспирант кафедры «Строительное производство», конт. телефон 768-81-75
<i>Суханов Сергей Александрович</i>	аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», конт. телефон 768-85-79
<i>Ткаченко Александр Сергеевич</i>	кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретическая механика», конт. телефон 717-62-10
<i>Федоров Павел Игоревич</i>	студент группы ЭТ-103 Электромеханического факультета, конт. телефон 768-85-36
<i>Ходаковский Валентин Аветикович</i>	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математика и моделирование», конт. телефон 310-42-04
<i>Черняк Николай Александрович</i>	студент группы ЭТ-103 Электромеханического факультета, конт. телефон 768-85-36