

**Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Ростовский государственный университет путей сообщения
Филиал РГУПС в городе Воронеж**

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Сборник статей III межвузовской студенческой конференции

**10 сентября 2021г.
г. Воронеж, Россия**

ТОМ 1

Воронеж 2021

Редакционная коллегия:

Гостева С.Р. – к.ист.н., доцент

Гордиенко Е.П. – к.т.н., доцент

Калачева О.А. – д.б.н., профессор

Найдюк Ф.О. – к.ф.-м.н, доцент

Платонов А.А. – к.т.н., доцент

**Наука и образование: прошлое, настоящее и будущее / Сборник статей III
межвузовской студенческой конференции – Воронеж: филиал РГУПС в г. Воронеж,
2021.Т.1. – 175 с.**

СОДЕРЖАНИЕ

Секция: Физико-математические науки	6
МОДЕЛИРОВАНИЕ БОЛЬШИХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕЗКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ Салогуб Е.Д.	6
АНАЛОГ МЕТОДА ФУНКЦИЙ ГРИНА В ВОЛНОВОЙ ЗАДАЧЕ С УПРУГОЙ ОПОРОЙ Стяжков С.Ю.	25
АНАЛОГ ФУНКЦИЙ ГРИНА НА ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ ГРАФЕ С УПРУГОСТЯМИ Распопова Т.Г.	31
ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ И ИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ ПОЛЕТА САМОЛЕТОВ Корыпаева Ю.В., Бондарев М.А.	38
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛА СТИЛТЬЕСА ПРИ РЕШЕНИИ ВОЕННО-ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ Рыжкова Э.Н., Подборцев А.В.	42
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МИНИМАЛЬНОГО ВЕКТОРА ПОТРЕБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА АГРЕГИРОВАНИЯ Гайворонский А.С., Красова Н.Е.	47
КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕКТОРА ПОТРЕБЛЕНИЯ Тутушкин А.Р., Красова Н.Е.	50
ВОЗДУШНОЕ ИСКУССТВО В СОВРЕМЕННОЙ АВИАЦИИ Потапов А.С., Попова А.С.	54
ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ Фатеев К.А., Попова А.С.	56
РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ПЕРЕДОВОГО ОТРЯДА Парт А.А., Акимов Д.В., Ивлев И.В.	59
ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗЕРВНЫХ СИЛ В БОЕВЫХ УСЛОВИЯХ Парт А.А., Словеснов Д.А., Ивлев И.В.	61
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ Кузнецова Л.Д., Тананыхин Д.А., Хованов П.К.	63
П-ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫЕ МНОГОЗНАЧНЫЕ ОТОБРАЖЕНИЯ Строганова Д.А.	67
ЛОКАЛЬНАЯ ТЕОРЕМА КАРИСТИ Борисова Е.В.	69
Секция: Информационные технологии	73
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ Крыков И.Н.	73
АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТИ АППАРАТУРЫ ЖАТ И ДЕЙСТВИЯ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА Лысенко С.Ю.	76
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ Евстигнеев М.И.	80

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАРШРУТАМИ СКАТЫВАНИЯ ОТЦЕПОВ	
<i>Адамов А.Н.</i>	85
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СВОБОДНЫХ ПРОГРАММНЫХ ПЛАТФОРМ	
<i>Казаков В.А.</i>	90
ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМ ЗАМЕДЛИТЕЛЕМ	
<i>Лыков Г.В.</i>	93
ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ В МПЦ	
<i>Пришвин О.А.</i>	97
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРЦ	
<i>Аксенов Д.А.</i>	105
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ «ЕВІЛОСК-950»	
<i>Киенко М.С.</i>	107
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ АБТЦ-М	
<i>Никитенко А.Ю.</i>	113
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ	
<i>Старунов С.А.</i>	121
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ПОТОКА В ПРЯМОМ КАНАЛЕ	
<i>Голикова Е.В., Фелисиану С.</i>	125
Секция: Перспективы развития транспорта в России и мире	127
ОСНОВНЫЕ КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ В СФЕРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПассажиРОВ	
<i>Стряпчева Д.Р.</i>	127
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПассажиРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ	
<i>Шмакова А.С.</i>	129
ФОРМИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ РАЗВИТИЯ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ ХОЛДИНГА «РЖД»	
<i>Рогозина А.Л.</i>	131
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРКОМ ПассажиРСКИХ ВАГОНОВ В АСУПВ СИСТЕМЫ «ЭКСПРЕСС-3»	
<i>Кураев К.М.</i>	133
СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОКЗАЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ	
<i>Бащева В.В.</i>	137
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ НА РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ	
<i>Чиркина Г.А.</i>	139
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПассажиРСКОГО СОСТАВА НА ПРИМЕРЕ ДВУХЭТАЖНЫХ ВАГОНОВ	
<i>Задорин И.Н.</i>	142
РАЗВИТИЕ БЕСПИЛОТНОГО ДВИЖЕНИЯ В ОАО «РЖД»	
<i>Задорин И.Н.</i>	145

ИННОВАЦИОННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВСЕХ ПОЕЗДОВ <i>Черешнева И.Ю.</i>	148
СЕРВИС ПРОМЫШЛЕННОЙ ЛОГИСТИКИ <i>Колесников П.А.</i>	150
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ И ПОЛУАВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РАБОЧИХ МАШИН <i>Тихонов А.Ф.</i>	153
ВОПРОСЫ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТ НА ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ <i>Кузнецова Э.А.</i>	156
ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ПОМОЩЬЮ ДРОНОВ <i>Порошин М.А.</i>	158
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ <i>Дустмуродов А.Х.</i>	162
ВОПРОСЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ОЧИСТКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ <i>Тормосов М.В.</i>	166
ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ <i>Березкина Д.А.</i>	170

УДК 517.956.32, 519.67

МОДЕЛИРОВАНИЕ БОЛЬШИХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РЕЗКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Салогуб Е.Д.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматривается вариант моделирования больших экономических систем (БЭС) с применением задачи для гиперболического волнового уравнения с сингулярностью на сети. Сформулирована постановка задачи, моделирующая БЭС в условиях резких изменений внешней среды. С помощью введения коэффициента устойчивости проанализирована возможность разрушения БЭС под влиянием внешней среды, через изучение решения в виде аналога метода характеристик. В работе для дополнительных расчётов применялся пакет компьютерной алгебры Maxima.

Ключевые слова: моделирование экономических задач дифференциальными уравнениями, уравнение гиперболического типа, геометрический граф, метод характеристик

В настоящее время наблюдаются тенденции нестабильности в сфере экономики, в том числе и российской, связанные с резкими изменениями внешней среды, включающими в себя внешние факторы (мировой уровень) и внутренние факторы (уровень страны).

К первым можно отнести, например, обострение международных отношений, и как следствие введение мировым сообществом экономических санкций в отношении России.

К внутренним факторам относятся рост инфляции и безработицы, низкая заработная плата и, в то же время, невостребованность на рынке труда одних специальностей и недостаток других, технологическое отставание, снижение производительности труда и т.д.

Всё вышеперечисленное усиливает интерес к изучению больших экономических систем и их устойчивости в современной ситуации.

В данной работе приводится исследование устойчивости БЭС – модели некоего производства, на которое влияют некоторые ранее названные факторы. Степень реагирования системы на резкие изменения внешней среды зависит от коэффициента устойчивости. Если коэффициент устойчивости слишком низок, то система может быстро разрушиться под влиянием резких изменений внешней среды.

ПОСТРОЕНИЕ ЭКОНОМИКО–МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БЭС КАК ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРЕДМЕТ УСТОЙЧИВОСТИ

Построение математической модели необходимо для решения конкретной экономической задачи. В работе рассматривается устойчивость модели БЭС в условиях резких изменений внешней среды, под которыми понимаются в частности:

1) несовершенство действующего законодательства, его противоречивость, частые изменения, затрудняющие планирование и прогнозирование деятельности БЭС;

2) кризис неплатежей, недостаток оборотных средств для нормального функционирования системы;

3) недостаточное экономическое обоснование договорных отношений в рамках системы и за её пределами, что приводит к увеличению потребности в оборотных средствах, сложностям исполнения обязательств, штрафным санкциям, иным негативным последствиям;

4) отсутствие должного взаимодействия между элементами системы, в том числе экономическими, финансовыми, юридическими и др., например, долги предприятий вследствие нарушения сроков оплаты поставок, предоставление некачественных товаров на

рынке, конфликты с сотрудниками или другими группами интересов на предприятии могут привести к развалу элементов системы или даже системы в целом (например, [1], [2], [5]).

Конкретная модель БЭС, предложенная в работе, состоит из одного производства и многих факторов, влияющих на него. Производство специализируется на одном виде продукции. Доходы производства формируются за счёт продажи товара и за счёт инвестиций; расходы идут на приобретение сырья, оплату труда, совершенствование технологий и средств производства.

Сырьё закупается у m отечественных поставщиков в количестве $a_1, a_2, \dots, a_m$ по ценам $s_1, s_2, \dots, s_m$ соответственно, а также у иностранного поставщика в количестве a_u по цене s_u в соответствии с рыночной конъюнктурой. Инвестиции производство получает в денежном эквиваленте из государственных и частных источников в размере $d_1, d_2, \dots, d_k$, кроме того взносы иностранных инвесторов составляют d_u .

Произведенную продукцию приобретают потребители в количестве $q_1, q_2, \dots, q_n$ по цене c за единицу товара. Экспортируемый товар дополнительно облагается пошлиной.

Оплата труда (ОТ) составляет X независимо от величины дохода предприятия. Z идет на совершенствование технологий производства (ТП) и средств производства (СП).

Необходимо исследовать данную экономическую модель, общий вид которой представлен на рис. 1, на устойчивость в условиях резких изменений внешней среды, когда нарушается связь производства с одним или несколькими его факторами:

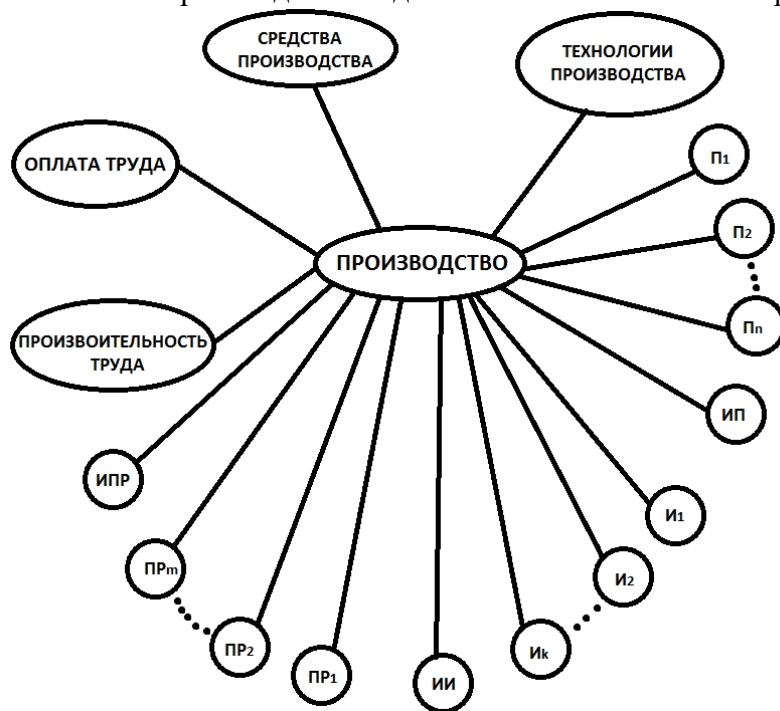


Рис. 1. Общий вид экономической модели

$P_1, P_2, \dots, P_n$ – потребители, $ИП$ – иностранный потребитель, $И_1, И_2, \dots, И_k$ – инвесторы, $ИИ$ – иностранный инвестор, $ПР_1, ПР_2, \dots, ПР_m$ – поставщики, $ИПР$ – иностранный поставщик.

К относительно устойчивым факторам можно отнести $P_1, P_2, \dots, P_n, И_1, И_2, \dots, И_k, ПР_1, ПР_2, \dots, ПР_m$.

Математическим представлением данной модели может служить граф-звезда, представленный на рис.2:

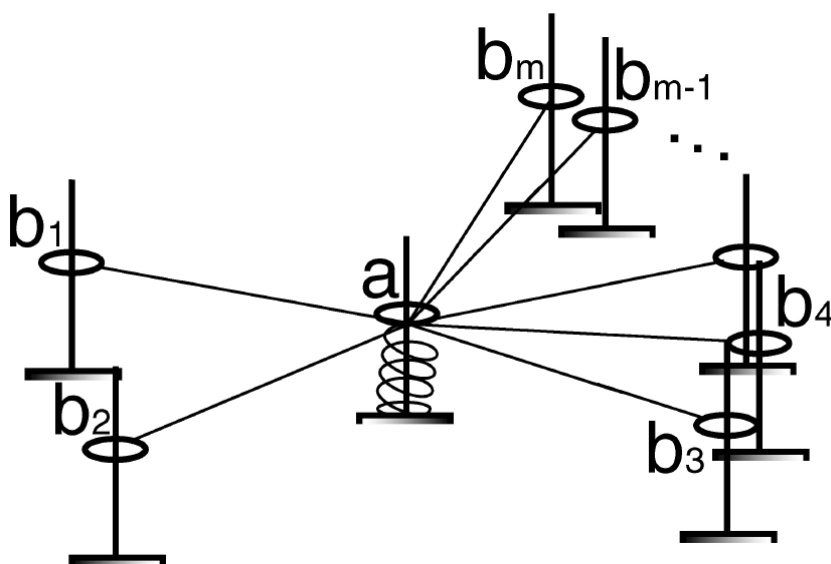


Рис. 2. Граф-звезда

a – производство, которое не свободно и жёстко закреплено на пружине, обладающей определённым коэффициентом упругости, в нашем случае коэффициентом устойчивости; $b_1, b_2, \dots, b_m$ – факторы производства, которые могут свободно изменяться под влиянием резких изменений внешней среды.

Для определения устойчивости данной модели используется коэффициент устойчивости k .

Определение. Коэффициентом устойчивости k называют показатель, характеризующий состояние БЭС, её способность (или неспособность) сохранять устойчивое состояние в условиях резких изменений внешней среды, когда влияние тех или иных факторов производства $b_1, b_2, \dots, b_m$ сильно возрастает или уменьшается в момент времени t .

При $k \rightarrow \infty$ модель БЭС в условиях неопределённости теряет смысл, так как система устойчива. При значениях $k \rightarrow 0$ система не устойчива, так как не обладает «запасом прочности». Проанализируем параметр k в остальных случаях.

Удалённость факторов b_j от производства a определяет инерцию действия того или иного фактора на производство и обратно. В рассматриваемой модели считается, что факторы b_j обладают одинаковой инерцией реакции на производство и обратно.

Определение. Под инерцией реакции понимается стремление a (производства) вернуться в прежнее состояние, несмотря на воздействие факторов b_j , и наоборот.

В итоге математическая модель рассматриваемой БЭС в условиях резких изменений внешней среды (неопределённости) примет вид:

$$\begin{cases} u_{xx}(x, t) = u_{tt}(x, t), (x \in \Gamma, t > 0) \\ u_x(0, t) = 0, \sum_{h \in D(z)} u_h^+(z, t) = ku(z, t), (t > 0), z \in J(\Gamma) \setminus Y \\ u(x, 0) = \varphi(x), u_t(x, 0) = 0, (x \in \Gamma \setminus \partial\Gamma) \end{cases} \quad (1)$$

Предложенная экономико-математическая модель (1), есть математическая модель БЭС в условиях резких изменений внешней среды, устойчивость которой можно исследовать с помощью коэффициента устойчивости k .

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МОДЕЛИ БЭС В УСЛОВИЯХ РЕЗКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Математическое исследование устойчивости модели БЭС в условиях резких изменений внешней среды в данной работе основано на анализе решения дифференциального уравнения гиперболического типа на сети. Для этих целей используются результаты

исследований в области дифференциальных уравнений, уравнений математической физики, гиперболических уравнений, а также методы математической физики [3, 4].

Для исследования устойчивости рассматриваемой математической модели (1) был использован результат представления решения в виде:

$$u^f(x, t) = u^{ef}(x, t) + \sum_{i=2}^m u^{oif}(x, t), \quad (2)$$

где $u^f(x, t)$ могут быть проанализированы как сужение на отрезок длиной l .

Для этой цели, в частности для анализа устойчивости, рассмотрим представление сужения $u^f(x, t)$ на отрезке $[0, l]$ в виде аналога «бегущих волн» (метод характеристик):

$$u^f(x, t) = \frac{1}{2}(\tilde{\varphi}(y + t) + \tilde{\varphi}(y - t)).$$

Проанализируем оценку $\tilde{\varphi}(y)$ сверху:

$$\begin{aligned} |\tilde{\varphi}(y)| &= |(-1)^n \varphi_1(y - 2nl) - \\ &- (-1)^n \sum_{i=1}^n \Re_i^n(2ky) \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{kt} e^{-ky} \varphi_1(t - 2nl) dt - \\ &- \sum_{j=1}^{n-1} (-1)^j \sum_{i=1}^j \Re_i^n(2ky) \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{kt} e^{-ky} \varphi_1(t - 2jl) dt| \leq \\ &\leq |(-1)^n \varphi_1(y - 2nl)| + \\ &+ |(-1)^n \sum_{i=1}^n \Re_i^n(2ky) e^{-ky} \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{kt} \times \varphi_1(t - 2nl) dt| + \\ &+ |\sum_{j=1}^{n-1} (-1)^j \sum_{i=1}^j \Re_i^n(2ky) e^{-ky} \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{kt} \varphi_1(t - 2jl) dt| \leq \\ &\leq |\varphi_1(y - 2nl)| + \sum_{i=1}^n |\Re_i^n(2ky)| e^{-ky} \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{kt} \varphi_1(t - 2nl) dt + \\ &+ \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^j |\Re_i^n(2ky)| e^{-ky} \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{kt} \varphi_1(t - 2jl) dt \leq \\ &\leq |\varphi_1(y - 2nl)| + e^{-ky} \sum_{i=1}^n |\Re_i^n(2ky)| \int_{(2n-1)l}^y |t^{i-1} e^{kt} \varphi_1(t - 2nl)| dt + \\ &+ e^{-ky} \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^j |\Re_i^n(2ky)| \int_{(2n-1)l}^y |t^{i-1} e^{kt} \varphi_1(t - 2jl)| dt \leq 1 \end{aligned}$$

$|\varphi_1(t - 2nl)| \leq \max_{y \in (0, l)} |\varphi(y)| < \infty$ – определено при постановке задачи.

$$\begin{aligned} &\leq \max_{x \in (0, l)} |\varphi(y)| + \sum_{i=1}^n |\Re_i^n(2ky)| e^{-ky} \int_{(2n-1)l}^y |t^{i-1}| \cdot |e^{kt}| \max_{y \in (0, l)} |\varphi(y)| dt + \\ &+ \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=1}^j |\Re_i^n(2ky)| e^{-ky} \int_{(2n-1)l}^y |t^{i-1}| \cdot |e^{kt}| \max_{y \in (0, l)} |\varphi(y)| dt. \end{aligned}$$

Проведем оценку интегрального множителя:

$$\begin{aligned} &\int_{(2n-1)l}^y |t^{i-1}| \cdot |e^{kt}| \max_{y \in (0, l)} |\varphi(y)| dt \leq \\ &\leq \max_{[(2n-1)l; (2n+1)l]} (|t^{i-1}| \cdot |e^{kt}| \max_{y \in (0, l)} |\varphi(y)|) \cdot ((2n+1)l - (2n-1)l) \leq \\ &\leq 2l \max_{[(2n-1)l; (2n+1)l]} (|t^{i-1}| e^{kt}) \max_{y \in (0, l)} |\varphi(y)| \leq^2 \\ &t \in [-(2n-1)l, (2n+1)l] \Rightarrow (t - 2l) \in (-l, l) \\ &(t^{i-1} e^{kt})' = (i-1)t^{i-2} e^{kt} + t^{i-1} k e^{kt} = t^{i-2} e^{kt} (i-1 + kt) = 0 \\ &t^{i-2} e^{kt} \neq 0 \Rightarrow i-1 + kt = 0 \\ &t = \frac{1-i}{k} \end{aligned}$$

Пусть $k = \frac{1}{k_1} \Rightarrow t = (1-i)k_1$

$$t = \begin{cases} -2(i-2)k_1, & i = 2j-1 \\ -(2(i-2)-1)k_1, & i = 2j \end{cases}$$

$$t = -(2(i-2)-a)k_1, \text{ где } a = \begin{cases} 0, & i = 2j-1 \\ 1, & i = 2j \end{cases}$$

$$t^{i-1} e^{kt} = ((-2(i-2)-a)k_1)^{i-1} e^{k(-2(i-2)-a)k_1}$$

$$t^{i-1} e^{kt} \leq (-2(i-2)-a)k_1^{i-1} e^{-(2(i-2)-a)}$$

$$t^{i-1} e^{kt} \leq \left(\frac{-2(i-2)-a}{k} \right)^{i-1} e^{-(2(i-2)-a)}$$

$$\leq^2 2l \left(\frac{-2(i-2)-a}{k} \right)^{i-1} e^{-(2(i-2)-a)} \max_{y \in (0, l)} |\varphi(y)|$$

$$\left| \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{kt} \varphi_1(t - 2nl) dt \right| \leq 2l \left(\frac{-2(i-2)-a}{k} \right)^{i-1} e^{-(2(i-2)-a)} \times$$

$$\times \max_{y \in (0, l)} |\varphi(y)|$$

$$\left| \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{kt} \varphi_1(t - 2jl) dt \right| \leq 2l \left(\frac{-2(i-2) - a}{k} \right)^{i-1} e^{-(2(i-2)-a)} \times$$

$$\times \max_{y \in (0, l)} |\varphi(y)|$$

Проанализируем мажоранту для выражения $f_i^n(2ky) = e^{-ky} \Re_i^n(2ky)$.

$$f_i^n(2ky) = e^{-ky} \frac{(2k)^i}{(i-1)!} \sum_{m=0}^{n-i} \frac{n!}{(m+i)!} \cdot \frac{(-1)^m}{m! (n-i-m)!} \cdot (2ky)^m$$

с привлечением пакета компьютерной алгебры – Maxima.

Пусть $v = 2ky$, тогда $v \in (-2k(2n-1)l; 2k(2n+1)l)$

```
(%i1) f(n,i,v):=(%e^(-v/2))*((2*k)^i/((i-1)!))*
sum((n!/(m+i)!)*((-1)^m/(m!*(n-i-m)!))*v^m,m,0,n-i)$
```

Рис. 3. Общий вид $f_i^n(v)$ в Maxima

Проведем численный расчет оценки сверху введенного функционального выражения $f_i^n(2ky)$ по параметру n :

1) Пусть $n = 1$, тогда $v \in (-2kl; 6kl)$

```
(%i2) f(1,1,v)$
(%i3) f(1,1,-2*k*1)$
(%i4) f(1,1,6*k*1)$
```

Рис. 4. Расчет точки max для $n=1, i=1$

$$\max(2ke^{kl}, 2ke^{-3kl}) = 2ke^{kl} = f_1^1(-2kl)$$

2) Пусть $n = 2$, тогда $v \in (-6kl; 10kl)$

```
(%i2) f(2,1,v)$
(%i3) diff(f(2,1,v),v)$
(%i4) solve(-(2-v)-2=0)$
(%i5) f(2,1,4)$
(%i6) f(2,1,-6*k*1)$
(%i7) f(2,1,10*k*1)$
```

Рис. 5. Расчет точки max для $n=2, i=1$

$$\begin{aligned} \max(2k(2+6kl)e^{3kl}, 2k(2-10kl)e^{-5kl}, -4ke^{-2}) = \\ = 2k(2+6kl)e^{3kl} = f_1^1(-6kl) \end{aligned}$$

```

[ (%i2)      f(2,2,v) $
[ (%i3)      f(2,2,-6*k*1) $
[ (%i4)      f(2,2,10*k*1) $

```

Рис. 6. Расчет точки max для n=2, i=2

$$\begin{aligned} \max(4k^2e^{3kl}, 4k^2e^{-5kl}) = 4k^2e^{3kl} = f_2^2(-6kl) \\ \max(4k^2e^{3kl}, 2k(2+6kl)e^{3kl}) = 2k(2+6kl)e^{3kl} = f_1^2(-6kl) \end{aligned}$$

3) Пусть $n = 3$, тогда $v \in (-10kl; 14kl)$

```

[ (%i2)      f(3,1,v) $
[ (%i3)      diff(f(3,1,v),v) $
[ (%i4)      solve(v^2-10*v+18=0) $
[ (%i5)      f(3,1,5-sqrt(7)) $
[ (%i6)      f(3,1,sqrt(7)+5) $
[ (%i7)      f(3,1,-10*k*1) $
[ (%i8)      f(3,1,14*k*1) $

```

Рис. 7. Расчет точки max для n=3, i=1

$$\begin{aligned} \max(18,58ke^{-3,82}, -2,58ke^{-1,17}, 2k(50k^2l^2 + 30kl + 3)e^{5kl}, \\ 2k(98k^2l^2 - 42kl + 3)e^{-7kl}) = 2k(50k^2l^2 + 30kl + 3)e^{5kl} = f_1^3(-10kl) \end{aligned}$$

```

[ (%i2)      f(3,2,v) $
[ (%i3)      diff(f(3,2,v),v) $
[ (%i4)      f(3,2,5) $
[ (%i5)      f(3,2,-10*k*1) $
[ (%i6)      f(3,2,14*k*1) $

```

Рис. 8. Расчет точки max для n=3, i=2

$$\begin{aligned} \max\left(4k^2(10kl+3)e^{5kl}, 4k^2(-14kl+3)e^{-7kl}, -8k^2e^{-\frac{5}{2}}\right) = \\ = 4k^2(10kl+3)e^{5kl} = f_2^3(-10kl) \end{aligned}$$

```

[ (%i2)      f(3,3,v) $
[ (%i3)      f(3,3,-10*k*1) $
[ (%i4)      f(3,3,14*k*1) $

```

Рис. 9. Расчет точки max для n=3, i=3

$$\begin{aligned} \max(4k^3e^{5kl}, 4k^3e^{-7kl}) = 4k^3e^{5kl} = f_2^3(-10kl) \\ \max(2k(50k^2l^2+30kl+3)e^{5kl}, 4k^2(10kl+3)e^{5kl}, 4k^3e^{5kl}) = \\ = 2k(50k^2l^2+30kl+3)e^{5kl} = f_1^3(-10kl) \end{aligned}$$

4) Пусть $n = 4$, тогда $v \in (-14kl; 18kl)$

```

[ (%i2)      f(4,1,v) $
[ (%i3)      diff(f(4,1,v),v) $
[ (%i4)      solve(v^3-18*v^2+84*v-96=0) $
[ (%i5)      f(4,1,-14*k*1) $
[ (%i6)      f(4,1,18*k*1) $

```

Рис. 10. Расчет точки max для n=4, i=1

$$\begin{aligned} \max\left(2k\left(\frac{1372k^3l^3}{3} + 392k^2l^2 + 84kl + 4\right)e^{7kl}, \right. \\ \left. 2k(-972k^3l^3 + 684k^2l^2 - 108kl + 4)e^{-9kl}\right) = \\ = 2k\left(\frac{1372k^3l^3}{3} + 392k^2l^2 + 84kl + 4\right)e^{7kl} = f_1^4(-14kl) \end{aligned}$$

```

[ (%i2)      f(4,2,v) $
[ (%i3)      diff(f(4,2,v),v) $
[ (%i4)      solve(v^2-12*v+20=0) $
[ (%i5)      f(4,2,2) $
[ (%i6)      f(4,2,10) $
[ (%i7)      f(4,2,-14*k*1) $
[ (%i8)      f(4,2,18*k*1) $

```

Рис. 11. Расчет точки max для n=4, i=2

$$\max(4k^2(98k^2l^2 + 56kl + 6)e^{7kl}, 4k^2(162k^2l^2 - 72kl + 6)e^{-9kl}, 0, 64k^2e^{-5}) = 4k^2(98k^2l^2 + 56kl + 6)e^{7kl} = f_2^4(-14kl)$$

```

[ (%i2)      f(4,3,v) $
[ (%i3)      diff(f(4,3,v),v) $
[ (%i4)      f(4,3,6) $
[ (%i5)      f(4,3,-14*k*1) $
[ (%i6)      f(4,3,18*k*1) $

```

Рис. 12 Расчет точки max для n=4, i=3

$$\max(4k^3(14kl + 4)e^{7kl}, 4k^3(-18kl + 4)e^{-9kl}, -8k^3e^{-3}) = 4k^3(14kl + 4)e^{7kl} = f_3^4(-14kl)$$

```

[ (%i2)      f(4,4,v) $
[ (%i3)      f(4,4,-14*k*1) $
[ (%i4)      f(4,4,18*k*1) $

```

Рис. 13. Расчет точки max для n=4, i=4

$$\max\left(\frac{8}{3}k^4e^{7kl}, \frac{8}{3}k^4e^{-9kl}\right) = \frac{8}{3}k^4e^{7kl} = f_4^4(-14kl)$$

$$\begin{aligned} & \max(2k \left(\frac{1372k^3l^3}{3} + 392k^2l^2 + 84kl + 4 \right) e^{7kl}, \\ & 4k^2(98k^2l^2 + 56kl + 6)e^{7kl}, 4k^3(14kl + 4)e^{7kl}, \frac{8}{3}k^4e^{7kl}) = \\ & = 2k \left(\frac{1372k^3l^3}{3} + 392k^2l^2 + 84kl + 4 \right) e^{7kl} = f_1^4(-14kl) \end{aligned}$$

5) Пусть $n = 5$, тогда $v \in (-18kl; 22kl)$

```

[ (%i2)      f(5,1,v) $
[ (%i3)      diff(f(5,1,v),v) $
[ (%i4)      solve((1/24)*v^4-(7/6)*v^3+10*v^2-30*v+25=0) $
[ (%i5)      f(5,1,-18*k*1) $
[ (%i6)      f(5,1,22*k*1) $

```

Рис. 14. Расчет точки max для $n=5$, $i=1$

$$\begin{aligned} & \max(2k(4374k^4l^4 + 4860k^3l^3 + 1620k^2l^2 + 180kl + 5)e^{9kl}, \\ & 2k \left(\frac{29282k^4l^4}{3} - \frac{26620k^3l^3}{3} + 2420k^2l^2 - 220kl + 5 \right) e^{-11kl}) = \\ & = 2k(4374k^4l^4 + 4860k^3l^3 + 1620k^2l^2 + 180kl + 5)e^{9kl} = f_1^5(-18kl) \end{aligned}$$

```

[ (%i2)      f(5,2,v) $
[ (%i3)      diff(f(5,2,v),v) $
[ (%i4)      solve((1/6)*v^3-(7/2)*v^2+20*v-30=0) $
[ (%i5)      f(5,2,-(sqrt(105)-15)/2) $
[ (%i6)      f(5,2,(sqrt(105)+15)/2) $
[ (%i7)      f(5,2,6) $
[ (%i8)      f(5,2,-18*k*1) $
[ (%i9)      f(5,2,22*k*1) $

```

Рис. 15. Расчет точки max для $n=5$, $i=2$

$$\begin{aligned} & \max(4k^2(972k^3l^3 + 810k^2l^2 + 180kl + 10)e^{9kl}, \\ & 4k^2\left(-\frac{5324k^3l^3}{3} + 1210k^2l^2 - 220kl + 10\right)e^{-11kl}, 16e^{-3}k^2, \\ & -212,47e^{-6,31}, -7,53e^{-1,18}) = \\ & = 4k^2(972k^3l^3 + 810k^2l^2 + 180kl + 10)e^{9kl} = f_2^5(-18kl) \end{aligned}$$

```

[ (%i2)      f(5,3,v) $
[ (%i3)      diff(f(5,3,v),v) $
[ (%i4)      solve(v^2-14*v+40=0) $
[ (%i5)      f(5,3,4) $
[ (%i6)      f(5,3,10) $
[ (%i7)      f(5,3,-18*k*1) $
[ (%i8)      f(5,3,22*k*1) $

```

Рис. 16. Расчет точки max для n=5, i=3

$$\begin{aligned} & \max(40e^{-5}k^3, 4k^3(162k^2l^2 + 90kl + 10)e^{7kl}, \\ & 4k^3(242k^2l^2 - 110kl + 10)e^{-11kl}, 40e^{-5}k^3, -8e^{-2}k^3) = \\ & = 4k^3(162k^2l^2 + 90kl + 10)e^{7kl} = f_3^5(-18kl) \end{aligned}$$

```

[ (%i2)      f(5,4,v) $
[ (%i3)      diff(f(5,4,v),v) $
[ (%i4)      solve(v-7=0) $
[ (%i5)      f(5,4,7) $
[ (%i6)      f(5,4,-18*k*1) $
[ (%i7)      f(5,4,22*k*1) $

```

Рис. 17. Расчет точки max для n=5, i=4

$$\begin{aligned} \max\left(-\frac{16}{3}k^4e^{-\frac{7}{2}}, \frac{8}{3}k^4(5+18kl)e^{7kl}, \frac{8}{3}k^4(5-22kl)e^{-11kl}\right) = \\ = \frac{8}{3}k^4(5+18kl)e^{7kl} = f_4^5(-18kl) \end{aligned}$$

```
⌈ (%i2)      f(5,5,v) $
```

```
⌈ (%i3)      f(5,5,-18*k*1) $
```

```
⌈ (%i4)      f(5,5,22*k*1) $
```

Рис. 18. Расчет точки max для n=5, i=5

$$\max\left(\frac{4}{3}k^5e^{7kl}, \frac{4}{3}k^5e^{-11kl}\right) = \frac{4}{3}k^5e^{7kl} = f_5^5(-18kl)$$

$$\max(2k(4374k^4l^4 + 4860k^3l^3 + 1620k^2l^2 + 180kl + 5)e^{9kl},$$

$$4k^2(972k^3l^3 + 810k^2l^2 + 180kl + 10)e^{9kl}, 4k^3(162k^2l^2 + 90kl + 10)e^{7kl},$$

$$\frac{8}{3}k^4(5+18kl)e^{7kl}, \frac{4}{3}k^5e^{7kl}) =$$

$$2k(4374k^4l^4 + 4860k^3l^3 + 1620k^2l^2 + 180kl + 5)e^{9kl} = f_1^5(-18kl)$$

6) Пусть $n = 6$, тогда $v \in (-22kl; 26kl)$

```
⌈ (%i2)      f(6,1,v) $
```

```
⌈ (%i3)      diff(f(6,1,v),v) $
```

```
⌈ (%i4)      solve(2*(-v^4/24+v^3-(15*v^2)/2+20*v-15)-(-v^5/120+v^4/4-(5*v^3)/2+10*v^2-15*v+6)=0) $
```

```
⌈ (%i5)      f(6,1,-22*k*1) $
```

```
⌈ (%i6)      f(6,1,26*k*1) $
```

Рис. 19. Расчет точки max для n=6, i=1

$$\max(2k(\frac{644204k^5l^5}{15} + 58564k^4l^4 + 26620k^3l^3 + 48840k^2l^2 + 330kl +$$

$$+6)e^{11kl}, 2k(-\frac{1485172k^5l^5}{15} + 114244k^4l^4 - 43940k^3l^3 + 6760k^2l^2 -$$

$$-390kl + 6)e^{-11kl}) = 2k(\frac{644204k^5l^5}{15} + 58564k^4l^4 + 26620k^3l^3 +$$

$$+48840k^2l^2 + 330kl + 6)e^{11kl} = f_1^6(-22kl)$$

```

[ (%i2)  f(6,2,v) $
[ (%i3)  diff(f(6,2,v),v) $
[ (%i4)  solve(2*(v^3/6-3*v^2+15*v-20)-(v^4/24-v^3+(15*v^2)/2-20*v+15)=0) $
[ (%i5)  f(6,2,-22*k*l) $
[ (%i6)  f(6,2,26*k*l) $

```

Рис. 20. Расчет точки max для n=6, i=2

$$\begin{aligned}
 & \max(4k^2 \left(\frac{29282k^4l^4}{3} + 10648k^3l^3 + 3630k^2l^2 + 440kl + 15 \right) e^{11kl}, \\
 & 4k^2 \left(\frac{57122k^4l^4}{3} - 17576k^3l^3 + 5070k^2l^2 - 520kl + 15 \right) e^{-13kl}) = \\
 & = 4k^2 \left(\frac{29282k^4l^4}{3} + 10648k^3l^3 + 3630k^2l^2 + 440kl + 15 \right) e^{11kl} = \\
 & = f_2^6(-22kl)
 \end{aligned}$$

```

[ (%i2)  f(6,3,v) $
[ (%i3)  diff(f(6,3,v),v) $
[ (%i4)  solve(2*(-v^2/2+6*v-15)-(-v^3/6+3*v^2-15*v+20)=0) $
[ (%i5)  f(6,3,-22*k*l) $
[ (%i6)  f(6,3,26*k*l) $

```

Рис. 21. Расчет точки max для n=6, i=3

$$\begin{aligned}
 & \max(4k^3 \left(\frac{5324k^3l^3}{3} + 1452k^2l^2 + 330kl + 20 \right) e^{11kl}, \\
 & 4k^3 \left(-\frac{8788k^3l^3}{3} + 2028k^2l^2 - 390kl + 20 \right) e^{-13kl}) = \\
 & = 4k^3 \left(\frac{5324k^3l^3}{3} + 1452k^2l^2 + 330kl + 20 \right) e^{11kl} = f_3^6(-22kl)
 \end{aligned}$$

```

[ (%i2)      f(6,4,v) $
[ (%i3)      diff(f(6,4,v),v) $
[ (%i4)      solve((8*(v-6))/3-(4*(v^2/2-6*v+15))/3) $
[ (%i5)      f(6,4,8-sqrt(10)) $
[ (%i6)      f(6,4,8+sqrt(10)) $
[ (%i7)      f(6,4,-22*k*l) $
[ (%i8)      f(6,4,26*k*l) $

```

Рис. 22. Расчет точки max для n=6, i=4

$$\max(-6,19e^{-2,41}, 27,53e^{-5,58}, \frac{8}{3}k^4(242k^2l^2 + 132kl + 15)e^{11kl},$$

$$\frac{8}{3}k^4(338k^2l^2 - 156kl + 15)e^{-13kl}) = \frac{8}{3}k^4(242k^2l^2 + 132kl + 15)e^{11kl} =$$

$$= f_4^6(-22kl)$$

```

[ (%i2)      f(6,5,v) $
[ (%i3)      diff(f(6,5,v),v) $
[ (%i4)      solve(-2*(6-v)-4=0) $
[ (%i5)      f(6,5,8) $
[ (%i6)      f(6,5,-22*k*l) $
[ (%i7)      f(6,5,26*k*l) $

```

Рис. 23. Расчет точки max для n=6, i=5

$$\max\left(-\frac{8}{3}k^5e^{-4}, \frac{4}{3}k^5(22kl + 6)e^{11kl}, \frac{4}{3}k^4(-26kl + 6)e^{-13kl}\right) =$$

$$= \frac{4}{3}k^5(22kl + 6)e^{11kl} = f_5^6(-22kl)$$

```

[ (%i2)      f(6,6,v) $
[ (%i3)      f(6,6,-22*k*1) $
[ (%i4)      f(6,6,26*k*1) $

```

Рис. 24. Расчет точки max для n=6, i=6

$$\begin{aligned}
& \max\left(\frac{8}{15}k^6e^{11kl}, \frac{8}{15}k^6e^{-13kl}\right) = \frac{8}{15}k^6e^{11kl} = f_6^6(-22kl) \\
& \max\left(2k\left(\frac{644204k^5l^5}{15} + 58564k^4l^4 + 26620k^3l^3 + 48840k^2l^2 + 330kl + \right.\right. \\
& \left.+ 6)e^{11kl}, 4k^2\left(\frac{29282k^4l^4}{3} + 10648k^3l^3 + 3630k^2l^2 + 440kl + 15\right)e^{11kl}, \right. \\
& \left. 4k^3\left(\frac{5324k^3l^3}{3} + 1452k^2l^2 + 330kl + 20\right)e^{11kl}, \right. \\
& \left. \frac{8}{3}k^4\left(242k^2l^2 + 132kl + 15\right)e^{11kl}, \frac{4}{3}k^5(22kl + 6)e^{11kl}, \frac{8}{15}k^6e^{11kl}\right) = \\
& = 2k\left(\frac{644204k^5l^5}{15} + 58564k^4l^4 + 26620k^3l^3 + 48840k^2l^2 + 330kl \right. \\
& \left. + 6\right)e^{11kl} = f_1^6(-22kl)
\end{aligned}$$

7) Пусть $n = 7$, тогда $v \in (-26kl; 30kl)$

```

[ (%i2)      f(7,1,v) $
[ (%i3)      diff(f(7,1,v),v) $
[ (%i4)      solve(2*(v^5/120-(7*v^4)/24+(7*v^3)/2-(35*v^2)/2+35*v-21)-(v^6/720-(7*v^5)/120+(7*v^4)/8-(35*v^3)/6+(35*v^2)/2-21*v+7)=0) $
[ (%i5)      f(7,1,-26*k*1) $
[ (%i6)      f(7,1,28*k*1) $

```

Рис. 25 Расчет точки max для n=7, i=1

$$\begin{aligned}
& \max\left(2k\left(\frac{19307236k^6l^6}{45} + \frac{10396204k^5l^5}{15} + 399854k^4l^4 + \frac{307580k^3l^3}{3} + \right.\right. \\
& \left.+ 11830k^2l^2 + 546kl + 7\right)e^{13kl}, 2k\left(\frac{800000k^6l^6}{9} - \frac{560000k^5l^5}{3} + \right. \\
& \left.+ 140000k^4l^4 - \frac{140000k^3l^3}{3} + 7000k^2l^2 - 420kl + 7\right)e^{-15kl}) \\
& = 2k\left(\frac{19307236k^6l^6}{45} + \frac{10396204k^5l^5}{15} + 399854k^4l^4 + \frac{307580k^3l^3}{3} + \right.
\end{aligned}$$

$$+11830k^2l^2 + 546kl + 7)e^{13kl} = f_1^7(-26kl)$$

```
(%i2) f(7,2,v)$
(%i3) diff(f(7,2,v),v)$
(%i4) solve(2*(-v^4/24+(7*v^3)/6-(21*v^2)/2+35*v-35)-(-v^5/120+(7*v^4)/24-(7*v^3)/2+(35*v^2)/2-35*v+21)=0)$
(%i5) f(7,2,-26*k*1)$
(%i6) f(7,2,28*k*1)$
```

Рис. 26. Расчет точки max для n=7, i=2

$$\begin{aligned} & \max(4k^2(\frac{1485172k^5l^5}{15} + \frac{399854k^4l^4}{3} + 61516k^3l^3 + 11830k^2l^2 + \\ & + 910kl + 21)e^{13kl}, 4k^2(-202500k^5l^5 + 236250k^3l^3 - 94500k^3l^3 + \\ & + 15750k^2l^2 - 1050kl + 21)e^{-15kl}) = 4k^2(\frac{1485172k^5l^5}{15} + \frac{399854k^4l^4}{3} + \\ & + 61516k^3l^3 + 11830k^2l^2 + 910kl + 21)e^{13kl} = f_2^7(-26kl) \end{aligned}$$

```
(%i2) f(7,3,v)$
(%i3) diff(f(7,3,v),v)$
(%i4) solve(2*(v^3/6-(7*v^2)/2+21*v-35)-(v^4/24-(7*v^3)/6+(21*v^2)/2-35*v+35)=0)$
(%i5) f(7,3,-26*k*1)$
(%i6) f(7,3,28*k*1)$
```

Рис. 27. Расчет точки max для n=7, i=3

$$\begin{aligned} & \max(4k^3(\frac{57122k^4l^4}{3} + \frac{61516k^3l^3}{3} + 7098k^2l^2 + 910kl + 35)e^{13kl}, \\ & 4k^3(33750k^2l^2 - 31500k^2l^2 + 9450k^2l^2 - 1050kl + 35)e^{-15kl}) = \\ & = 4k^3(\frac{57122k^4l^4}{3} + \frac{61516k^3l^3}{3} + 7098k^2l^2 + 910kl + 35)e^{13kl} = \\ & = f_3^7(-26kl) \end{aligned}$$

```
(%i2) f(7,4,v)$
(%i3) diff(f(7,4,v),v)$
(%i4) solve(2*(-v^2/2+7*v-21)-(-v^3/6+(7*v^2)/2-21*v+35)=0)$
(%i5) f(7,4,-26*k*1)$
(%i6) f(7,4,28*k*1)$
```

Рис. 28. Расчет точки max для n=7, i=4

$$\begin{aligned} & \max\left(\frac{8}{3}k^4\left(\frac{8788k^3l^3}{3} + 2366k^2l^2 + 546kl + 35\right)e^{13kl},\right. \\ & \left.\frac{8}{3}k^4\left(-\frac{10976k^3l^3}{3} + 2744k^2l^2 - 588kl + 35\right)e^{-15kl}\right) = \\ & = \frac{8}{3}k^4\left(\frac{8788k^3l^3}{3} + 2366k^2l^2 + 546kl + 35\right)e^{13kl} = f_4^7(-26kl) \end{aligned}$$

```
⌈ (%i2)      f(7,5,v) $
```

```
⌈ (%i3)      diff(f(7,5,v),v) $
```

```
⌈ (%i4)      solve(2*(v-7)-(v^2/2-7*v+21)=0) $
```

```
⌈ (%i5)      f(7,5,9-sqrt(11)) $
```

```
⌈ (%i6)      f(7,5,sqrt(11)+9) $
```

```
⌈ (%i7)      f(7,5,-26*k*l) $
```

```
⌈ (%i8)      f(7,5,28*k*l) $
```

Рис. 29. Расчет точки max для n=7, i=5

$$\begin{aligned} & \max(-3,51k^5e^{-2,84}, 14,17k^5e^{-6,15}, \frac{4}{3}k^5(338k^2l^2 + 182kl + 21)e^{13kl}, \\ & \frac{4}{3}k^5(450k^2l^2 - 210kl + 21)e^{-15kl}) = \frac{4}{3}k^5(338k^2l^2 + 182kl + 21)e^{13kl} = \\ & = f_5^7(-26kl) \end{aligned}$$

```
⌈ (%i2)      f(7,6,v) $
```

```
⌈ (%i3)      diff(f(7,6,v),v) $
```

```
⌈ (%i4)      solve(-4*(7-v)-8=0) $
```

```
⌈ (%i5)      f(7,5,9) $
```

```
⌈ (%i6)      f(7,6,-26*k*l) $
```

```
⌈ (%i7)      f(7,6,28*k*l) $
```

Рис. 30. Расчет точки max для n=7, i=6

$$\max\left(-\frac{16}{15}k^6e^{-\frac{9}{2}}, \frac{8}{15}k^6(26kl+17)e^{13kl}, \frac{8}{15}k^6(-30kl+7)e^{-15kl}\right) =$$

$$= \frac{8}{15}k^6(26kl+17)e^{13kl} = f_6^7(-26kl)$$

⌈ (%i2) f(7,7,v) \$

⌈ (%i3) f(7,7,-26*k*1) \$

⌈ (%i4) f(7,7,28*k*1) \$

Рис. 31. Расчет точки max для n=7, i=7

$$\max\left(\frac{8}{45}k^7e^{13kl}, \frac{8}{45}k^7e^{-15kl}\right) = \frac{8}{45}k^7e^{13kl} = f_7^7(-26kl)$$

$$\max\left(2k\left(\frac{19307236k^6l^6}{45} + \frac{10396204k^5l^5}{15} + 399854k^4l^4 + \frac{307580k^3l^3}{3} + \right.\right.$$

$$\left. + 11830k^2l^2 + 546kl + 7\right)e^{13kl}, 4k^2\left(\frac{1485172k^5l^5}{15} + \frac{399854k^4l^4}{3} + \right.$$

$$\left. + 61516k^3l^3 + 11830k^2l^2 + 910kl + 21\right)e^{13kl}, 4k^3\left(\frac{57122k^4l^4}{3} + \right.$$

$$\left. + \frac{61516k^3l^3}{3} + 7098k^2l^2 + 910kl + 35\right)e^{13kl}, \frac{8}{3}k^4\left(\frac{8788k^3l^3}{3} + 2366k^2l^2 + \right.$$

$$\left. + 546kl + 35\right)e^{13kl}, \frac{4}{3}k^5(338k^2l^2 + 182kl + 21)e^{13kl}, \frac{8}{15}k^6(26kl+17)e^{13kl},$$

$$\frac{8}{45}k^7e^{13kl}) = 2k\left(\frac{19307236k^6l^6}{45} + \frac{10396204k^5l^5}{15} + 399854k^4l^4 + \right.$$

$$\left. + \frac{307580k^3l^3}{3} + 11830k^2l^2 + 546kl + 7\right)e^{13kl} = f_1^7(-26kl)$$

$$\max\left(2ke^{kl}, 2k(2+6kl)e^{3kl}, 2k(50k^2l^2+30kl+3)e^{5kl}, 2k\left(\frac{1372k^3l^3}{3} + \right.\right.$$

$$\left. + 392k^2l^2 + 84kl + 4\right)e^{7kl}, 2k(4374k^4l^4 + 4860k^3l^3 + 1620k^2l^2 +$$

$$+ 180kl + 5)e^{9kl}, 2k\left(\frac{644204k^5l^5}{15} + 58564k^4l^4 + 26620k^3l^3 + 48840k^2l^2 + \right.$$

$$\left. + 330kl + 6\right)e^{11kl}, 2k\left(\frac{19307236k^6l^6}{45} + \frac{10396204k^5l^5}{15} + 399854k^4l^4 + \right.$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{307580k^3l^3}{3} 11830k^2l^2 + 546kl + 7)e^{13kl}) = 2k(\frac{19307236k^6l^6}{45} + \\
& + \frac{10396204k^5l^5}{15} + 399854k^4l^4 + \frac{307580k^3l^3}{3} + 11830k^2l^2 + 546kl + 7) \times \\
& \times e^{13kl} = f_1^7(-26kl)
\end{aligned}$$

$$\max_{v \in (-(2n-1)l; (2n+1)l)} (f_i^n(2ky)) = \max_{v \in (-2k(2n-1)l; 2k(2n+1)l)} (f_i^n(v)) = f_1^7(-26kl)$$

$$v = -26kl \Rightarrow y = -13l$$

Для $n=1, \dots, 7$ верхней границей является

$$\begin{aligned}
f_1^7(-26kl) = 2k(\frac{19307236k^6l^6}{45} + \frac{10396204k^5l^5}{15} + 399854k^4l^4 + \\
+ \frac{307580k^3l^3}{3} + 11830k^2l^2 + 546kl + 7)e^{13kl}.
\end{aligned}$$

Из проведенных выше вычислений можно выявить закономерность, что для каждого $n=1, 2, \dots, 7$ верхняя граница достигается в крайней левой точке области определения. Это позволяет сделать вывод, что изученная система при $0 < k < 1$ будет обладать свойством самостабилизации для случая $n=1, 2, \dots, 7$, то есть с течением времени переходить в устойчивое состояние.

В то же время, при $k > 1$ экономическая система теряет свою устойчивость - возникают незатухающие «колебания», выводящие БЭС из состояния устойчивости.

для частного случая; предложен математический метод, позволяющий оценить эффективность работы БЭС с помощью коэффициента устойчивости.

Литература

1. Анализ и прогнозирование рисков в системе экономической безопасности хозяйствующих субъектов: учеб. пос. / В.И. Авдийский, П.А. Герасимов, И.А. Лебедев. – М. : Финакадемия, 2007. – Ч. 1. – 115 с.
2. Колемаев, В.А. Экономико-математическое моделирование. Моделирование макроэкономических процессов и систем: учеб. / В.А. Колемаев. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 295 с.
3. Найдюк, Ф.О. Численное решение задач о колебаниях / Ф.О. Найдюк, Е.Н. Десятирикова, Д.К. Проскурин // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2013. – №1. – С. 55–60.
4. Найдюк, Ф.О. Исследование волнового уравнения с сингулярностью на несимметричном графе / Ф.О. Найдюк // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. – 2021. – №1. – С. 110–116.
5. Скотаренко, О.В. Экономическая система и её чувствительность / О.В. Скотаренко // Вестн. МГТУ. Том 11. – 2008. – № 2. – С. 236–240.

Аннотация. В докладе излагается метод предъявления решения для краевой задачи для волнового уравнения на отрезке с упругой опорой. Предложенный метод основан на представлении решения волновой задачи через фундаментальное решение – аналог функции Грина для краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Для обоснования корректности найденного решения доказывается теорема единственности, гарантирующая отсутствие иных решений отличных от найденного.

Ключевые слова: уравнение гиперболического типа, метод характеристик, функция Грина, фундаментальное решение.

Основной целью работы является применение аналога метода функций Грина в волновой задаче с упругой опорой. Рассматривается задача с растянутой струной, концы которой жестко закреплены, а середина имеет точечную упругую опору. Необходимо получить явное представление решения поставленной задачи, описывающей физическую модель, основанное на методах характеристик и функции Грина.

Если рассмотреть краевую задачу для обыкновенного дифференциального уравнения:

$$\hat{L}y \equiv (p(x)y')' + q(x)y = f(x), \quad (1)$$

$$y(a) = y(b) = 0,$$

то её решение может быть представлено через функцию Грина.

Функцией Грина краевой задачи (1) называется функция $G(x, s)$, где $a \leq x \leq b$ и $a < s < b$, зависящая от дополнительного параметра s , и обладающая следующими свойствами:

Функция $G(x, s)$ непрерывна по x при фиксированном s .

Функция $G(x, s)$ удовлетворяет граничным условиям

$$G(a, s) = G(b, s) = 0.$$

Функция $G(x, s)$ удовлетворяет однородному дифференциальному уравнению всюду, кроме одной точки: $\hat{L}_x G(x, s) = 0$ при $x \neq s$.

Производная по x терпит скачок в одной точке при $x = s$:

$$G'_x(s+0, s) - G'_x(s-0, s) = \frac{1}{p(s)}$$

Функция Грина требуется для выражения через неё решения краевой задачи (1):

$$y(x) = \int_a^b G(x, s) f(s) ds. \quad (2)$$

Волновая задача состоит в решении волнового уравнения. В отличие от процессов – изменений физических величин только во времени, волновые явления изменяются как во времени, так и в пространстве. В зависимости от характера рассматриваемой задачи, уравнения могут быть одномерными, зависящими от одной координаты, двумерными или трехмерными. Одномерное волновое уравнение для функции $u = u(x, t)$, зависящей от одной пространственной переменной x и времени t , имеет вид

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = f(x, t). \quad (3)$$

Это уравнение является простейшим уравнением гиперболического типа и используется для описания линейных волновых процессов различной физической природы. Например, описывает малые поперечные колебания струны, продольные колебания тонкого стержня, применяется при рассмотрении широкого круга волновых процессов акустики, гидродинамики, электродинамики. Здесь $u(x, t)$ – перемещение точки x в вертикальном направлении при изменении времени t , $f(x, t)$ – плотность внешних сил, отнесенных к

единице массы. При $f(x, t) = 0$ колебания называются свободными, в противном случае – вынужденными.

Рассматривается задача:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0 & (0 < x < 1, t > 0) \\ u(0, t) = 0, u(1, t) = 0 & (t > 0) \\ u(x, 0) = \varphi(x), \frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = \psi(x) & (0 \leq x \leq 1) \\ \frac{\partial u}{\partial x}(\frac{1}{2} + 0, t) - \frac{\partial u}{\partial x}(\frac{1}{2} - 0, t) = ku(\frac{1}{2}, t) & (t > 0) \end{cases} \quad (4)$$

где $\varphi(x) \in C^2[0, \frac{1}{2}] \cup (\frac{1}{2}, 1]$; $\psi(x) \in C^1[0, 1]$; a^2 – коэффициент, зависящий от свойств струны; k – жесткость упругой опоры (например, пружины); t – время.

Без ограничения общности, можно считать, что $\psi(x) = 0$, $a = 1$. Именно такой случай и рассматривается в работе.

Моделью задачи (4) может служить колебание в вертикальной плоскости следующей системы:

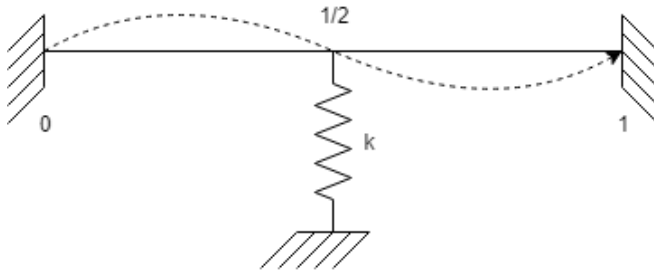


Рис.1

В которой рассмотрена растянутая струна (длиной 1), концы которой жестко закреплены, а середина имеет точечную упругую опору. При равновесии струна расположена в горизонтальном положении. Величины $\varphi(x)$ и $\psi(x)$ будем называть начальной деформацией и начальной скоростью соответственно.

Заметим, что $\varphi(x)$ удовлетворяет условиям:

$$\varphi(0) = \varphi''(0) = 0, \varphi(1) = \varphi''(1) = 0, \varphi'(\frac{1}{2} + 0) - \varphi'(\frac{1}{2} - 0) = k \varphi(\frac{1}{2}).$$

Будем искать решение задачи (4) в виде:

$$u(x, t) = - \int_0^1 g(x, t, s) G''(x, s) ds,$$

где функция $g(x, t, s)$ – фундаментальное решение задачи (4), которое в свою очередь представимо в форме аналога метода характеристик:

$$g(x, t, s) = \frac{1}{2} (\tilde{g}(x - t, s) + \tilde{g}(x + t, s)),$$

где функция $\tilde{g}$ есть продолжение φ с $[0, 1]$ на R .

Теорема. Пусть решение задачи (4) существует, тогда оно единственно.

Доказательство:

Доказательство проведем от противного. Предположим, что существуют два решения $u(x, t)$ и $q(x, t)$ задачи (4), тождественно неравные друг другу. Тогда $z(x, t) = u(x, t) - q(x, t)$ – решение задачи (4) с однородными начальными условиями: $z(x, 0) = 0, \frac{\partial z}{\partial t}(x, 0) = 0$. Рассмотрим полную энергию, отвечающую малым поперечным колебаниям, рассматриваемой механической системы струн, математическая модель которой описывается задачей (4):

$$E(t) = \frac{1}{2} \int_0^1 \left(\left(\frac{\partial z}{\partial t}(x, t) \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial x}(x, t) \right)^2 \right) dx +$$

$$+ \frac{1}{2} k \left(z \left(\frac{1}{2}, t \right) \right)^2.$$

Посчитаем производную от функционала полной энергии:

$$E'(t) = \int_0^1 \left(\frac{\partial z}{\partial t}(x, t) \frac{\partial^2 z}{\partial t^2}(x, t) + \frac{\partial z}{\partial x}(x, t) \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial t}(x, t) \right) dx + \\ + k z \left(\frac{1}{2}, t \right) \frac{\partial z}{\partial t} \left(\frac{1}{2}, t \right).$$

В силу неопределенности задания функции $z(x, t)$ в точке $y = \frac{1}{2}$, разобьем интеграл на $(0, 1)$ на два интеграла $\left(0, \frac{1}{2}\right)$ и $\left(\frac{1}{2}, 1\right)$ и проинтегрируем по частям второе подинтегральное слагаемое:

$$\int_0^1 \left(\frac{\partial z}{\partial t}(x, t) \frac{\partial^2 z}{\partial t^2}(x, t) - \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}(x, t) \frac{\partial z}{\partial t}(x, t) \right) dt + \frac{\partial z}{\partial x}(x, t) \frac{\partial z}{\partial t}(x, t) \Big|_0^{\frac{1}{2}} + \\ + \frac{\partial z}{\partial x}(x, t) \times \frac{\partial u}{\partial t}(x, t) \Big|_{\frac{1}{2}}^1 + k z \left(\frac{1}{2}, t \right) \frac{\partial z}{\partial t} \left(\frac{1}{2}, t \right) = \\ = \int_0^1 \left(\frac{\partial z}{\partial t}(x, t) \left(\frac{\partial^2 z}{\partial t^2}(x, t) - \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}(x, t) \right) \right) dt + \frac{\partial z}{\partial x} \left(\frac{1}{2} - 0, t \right) \frac{\partial z}{\partial t} \left(\frac{1}{2} - 0, t \right) - \\ - \frac{\partial z}{\partial x} \left(\frac{1}{2} + 0, t \right) \frac{\partial z}{\partial t} \left(\frac{1}{2} + 0, t \right) + k z \left(\frac{1}{2}, t \right) \frac{\partial z}{\partial t} \left(\frac{1}{2}, t \right) = \\ = \frac{\partial z}{\partial t} \left(\frac{1}{2}, t \right) \left(\frac{\partial z}{\partial x} \left(\frac{1}{2} - 0, t \right) - \frac{\partial z}{\partial x} \left(\frac{1}{2} + 0, t \right) + k z \left(\frac{1}{2}, t \right) \right) = \\ = \frac{\partial z}{\partial t} \left(\frac{1}{2}, t \right) \left(-k z \left(\frac{1}{2}, t \right) + k z \left(\frac{1}{2}, t \right) \right) = 0$$

Следовательно, $E(t) \equiv \text{const}$.

Для того, чтобы определить какой именно константе равен функционал полной энергии рассмотрим его значение при $t = 0$.

$$E(0) = \frac{1}{2} \int_{-\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2}} \left(\left(\frac{\partial z}{\partial t}(x, 0) \right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial x}(x, 0) \right)^2 \right) dx + \\ + k z \left(\frac{1}{2}, 0 \right) \frac{\partial z}{\partial t} \left(\frac{1}{2}, 0 \right).$$

В последнем выражении подинтегральная функция равна нулю: $\frac{\partial z}{\partial t}(x, 0) = 0$ в силу построения функции $z(x, t)$, а также $\frac{\partial z}{\partial x}(x, 0) = 0$, т.к. $z(x, 0) = 0$ согласно начальным условиям для функции $z(x, t)$. Интеграл от нулевой функции равен нулю. Далее рассмотрим внеинтегральное слагаемое:

$$z \left(\frac{1}{2} + 0, 0 \right) = z \left(\frac{1}{2} - 0, 0 \right) = \varphi(y),$$

следовательно, оно равно нулю. Получаем, что $E(0) = 0$, а значит, что $E(t) \equiv 0$, и из этого следует, что $\frac{\partial z}{\partial t}(x, t) = \frac{\partial z}{\partial x}(x, t) = \Delta z = 0$. В итоге: $z(x, t) = 0$. ■

Построение аналога функции Грина

Исходя из условий задачи (4), функция $\tilde{g}$ удовлетворяет условиям:

$$g(0, t, s) = \frac{1}{2} (\tilde{g}(0 - t, s) + \tilde{g}(0 + t, s)) = 0 \Rightarrow \tilde{g}(-t, s) = -\tilde{g}(t, s);$$

$$g(1, t, s) = \frac{1}{2} (\tilde{g}(1 - t, s) + \tilde{g}(1 + t, s)) = 0 \Rightarrow \tilde{g}(1 - t, s) = -\tilde{g}(1 + t, s);$$

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial g}{\partial x} \left(\frac{1}{2} + 0, t, s \right) - \frac{\partial g}{\partial x} \left(\frac{1}{2} - 0, t, s \right) = \\
& = \frac{1}{2} \left(\tilde{g}' \left(\frac{1}{2} + 0 - t, s \right) + \tilde{g}' \left(\frac{1}{2} + 0 + t, s \right) \right) - \\
& - \frac{1}{2} \left(\tilde{g}' \left(\frac{1}{2} - 0 - t, s \right) + \tilde{g}' \left(\frac{1}{2} - 0 + t, s \right) \right) = k g \left(\frac{1}{2}, t, s \right) = k \frac{1}{2} \left(\tilde{g} \left(\frac{1}{2} - t, s \right) + \tilde{g} \left(\frac{1}{2} + t, s \right) \right) \Rightarrow \\
& \Rightarrow \Delta \tilde{g}' \left(\frac{1}{2} - t, s \right) + \Delta \tilde{g}' \left(\frac{1}{2} + t, s \right) = k \left(\tilde{g} \left(\frac{1}{2} - t, s \right) + \tilde{g} \left(\frac{1}{2} + t, s \right) \right).
\end{aligned}$$

Производится замена: $x \in [0, 1] \rightarrow y \in \left[-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right]$ т.е. $y = x - \frac{1}{2}$.

Графически замена представляет сдвиг на $\frac{1}{2}$ вправо по направлению оси x .

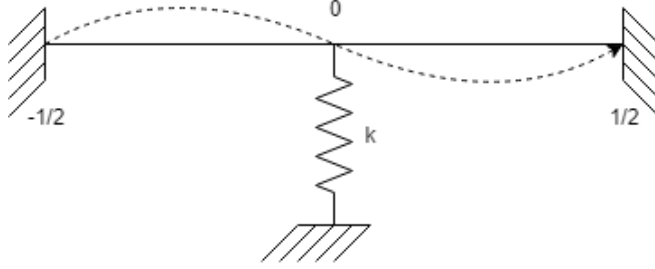


Рис.2

С учетом замены, получим задачу:

$$\begin{cases}
\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 & \left(-\frac{1}{2} < y < \frac{1}{2}, t > 0\right) \\
u\left(-\frac{1}{2}, t\right) = 0, u\left(\frac{1}{2}, t\right) = 0 & (t > 0) \\
u\left(y + \frac{1}{2}, 0\right) = \varphi\left(y + \frac{1}{2}\right), \frac{\partial u}{\partial t}\left(y + \frac{1}{2}, 0\right) = 0 & \left(-\frac{1}{2} \leq y \leq \frac{1}{2}\right) \\
\frac{\partial u}{\partial y}(+0, t) - \frac{\partial u}{\partial y}(-0, t) = k u(0, t) & (t > 0)
\end{cases} \quad (5)$$

Решение задачи (5) будем искать в виде:

$$u(y, t) = u_1(y, t) + u_2(y, t),$$

где:

$$\begin{aligned}
u_1(y, t) &= \frac{u(y, t) + u(-y, t)}{2}; \\
u_2(y, t) &= \frac{u(y, t) - u(-y, t)}{2}.
\end{aligned}$$

Лемма 1. Функция $u_1(y, t)$ является решением задачи:

$$\begin{cases}
\frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} = 0 & \left(-\frac{1}{2} < y < \frac{1}{2}, t > 0\right) \\
u_1\left(-\frac{1}{2}, t\right) = 0, u_1\left(\frac{1}{2}, t\right) = 0 & (t > 0) \\
u_1\left(y + \frac{1}{2}, 0\right) = \varphi_1\left(y + \frac{1}{2}\right), \frac{\partial u_1}{\partial t}\left(y + \frac{1}{2}, 0\right) = 0 & \left(-\frac{1}{2} \leq y \leq \frac{1}{2}\right) \\
\frac{\partial u_1}{\partial y}(+0, t) - \frac{\partial u_1}{\partial y}(-0, t) = k u_1(0, t) & (t > 0)
\end{cases} \quad (6)$$

Лемма 2. Функция $u_2(y, t)$ является решением задачи:

$$\begin{cases}
\frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u_2}{\partial y^2} = 0 & \left(-\frac{1}{2} < y < \frac{1}{2}, t > 0\right) \\
u_2\left(-\frac{1}{2}, t\right) = 0, u_2\left(\frac{1}{2}, t\right) = 0 & (t > 0) \\
u_2\left(y + \frac{1}{2}, 0\right) = \varphi_2\left(y + \frac{1}{2}\right), \frac{\partial u_2}{\partial t}\left(y + \frac{1}{2}, 0\right) = 0 & \left(-\frac{1}{2} \leq y \leq \frac{1}{2}\right) \\
u_2(0, t) = 0 & (t > 0)
\end{cases} \quad (7)$$

Замечание: Здесь φ_1 и φ_2 строятся по известной функции φ следующим образом:

$$\begin{aligned}\varphi\left(y + \frac{1}{2}\right) &= \varphi_1\left(y + \frac{1}{2}\right) + \varphi_2\left(y + \frac{1}{2}\right) \\ \varphi_1\left(y + \frac{1}{2}\right) &= \frac{\varphi\left(y + \frac{1}{2}\right) + \varphi\left(-y - \frac{1}{2}\right)}{2} \\ \varphi_2\left(y + \frac{1}{2}\right) &= \frac{\varphi\left(y + \frac{1}{2}\right) - \varphi\left(-y - \frac{1}{2}\right)}{2}\end{aligned}$$

Рассмотрим две вспомогательные задачи:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0 & (0 < y < \frac{1}{2}, t > 0) \\ v\left(\frac{1}{2}, t\right) = 0 & (t > 0) \\ v(y, 0) = \widetilde{\varphi}_1(y) & (0 \leq y \leq \frac{1}{2}); \\ \frac{\partial v}{\partial t}(y, 0) = 0 & (0 \leq y \leq \frac{1}{2}) \\ \frac{\partial v}{\partial y}(0, t) = \frac{k}{2}v(0, t) & (t > 0) \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0 & (0 < y < \frac{1}{2}, t > 0) \\ w\left(\frac{1}{2}, t\right) = 0 & (t > 0) \\ w(y, 0) = \widetilde{\varphi}_2(y) & (0 \leq y \leq \frac{1}{2}), \\ \frac{\partial w}{\partial t}(y, 0) = 0 & (0 \leq y \leq \frac{1}{2}) \\ w(0, t) = 0 & (t > 0) \end{cases} \quad (9)$$

где $\widetilde{\varphi}_1$ - сужение φ_1 на $\left[0, \frac{1}{2}\right]$, а $\widetilde{\varphi}_2$ - сужение φ_2 на $\left[0, \frac{1}{2}\right]$.

$$\begin{aligned}\varphi_1 &= \begin{cases} \widetilde{\varphi}_1(y) & (0 < y < \frac{1}{2}) \\ \widetilde{\varphi}_1(-y) & (-\frac{1}{2} < y < 0) \end{cases}; \\ \varphi_2 &= \begin{cases} \widetilde{\varphi}_2(y) & (0 < y < \frac{1}{2}) \\ -\widetilde{\varphi}_2(-y) & (-\frac{1}{2} < y < 0) \end{cases};\end{aligned}$$

Моделью задачи (8) будет служить:

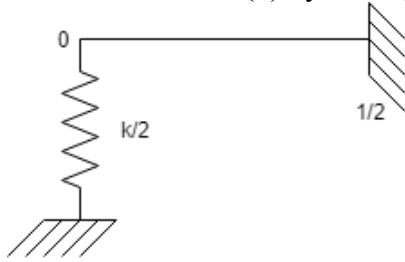


Рис.3

Моделью задачи (9) будет служить:

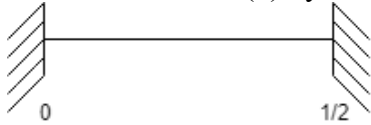


Рис.4

Выполним построение функций Грина для задач (8) и (9).

Лемма 3. Функция Грина краевой задачи (для рассматриваемой задачи (8)):

$$\begin{cases} v'' = f(y) \\ v'(0) - \frac{k}{2}v(0) = 0 \\ v\left(\frac{1}{2}\right) = 0 \end{cases} \quad (10)$$

имеет вид:

$$G_1(y, s) = \begin{cases} \frac{(2s-1)\left(y + \frac{2}{k}\right)}{\left(1 + \frac{4}{k}\right)}, 0 \leq y < s \\ \frac{\left(s + \frac{2}{k}\right)(2y-1)}{\left(1 + \frac{4}{k}\right)}, s < y \leq \frac{1}{2} \end{cases}.$$

Тогда решение задачи (8) представимо в виде:

$$v(y, t) = - \int_0^{\frac{1}{2}} g_1(y, t, s) G_1''(y, s) ds.$$

Лемма 4. Функция Грина краевой задачи (для рассматриваемой задачи (9)):

$$\begin{cases} w'' = f(y) \\ w(0) = 0 \\ w\left(\frac{1}{2}\right) = 0 \end{cases} \quad (11)$$

имеет вид:

$$G_2(y, s) = \begin{cases} (2s-1)y, 0 \leq y < s \\ s(2y-1), s < y \leq \frac{1}{2} \end{cases}.$$

Тогда решение задачи (9) представимо в виде:

$$w(y, t) = - \int_0^{\frac{1}{2}} g_2(y, t, s) G_2''(y, s) ds.$$

Лемма 5. Функции $u_1(y, t)$ – четная, $u_2(y, t)$ – нечетная и представимы в виде:

$$u_1(y, t) = \begin{cases} v(y, t) & y \in \left[0, \frac{1}{2}\right] \\ v(-y, t) & y \in \left[-\frac{1}{2}, 0\right] \end{cases}.$$

$$u_2(y, t) = \begin{cases} w(y, t) & y \in \left[0, \frac{1}{2}\right] \\ -w(-y, t) & y \in \left[-\frac{1}{2}, 0\right] \end{cases}.$$

Последняя лемма заканчивает метод построения решения для краевой задачи (4) – волнового уравнения на отрезке с упругой опорой в искомом виде, т.е. в виде аналога функции Грина.

Литература

1. Найдюк, Ф.О. Формула продолжения начальных данных в решении Даламбера для волнового уравнения на отрезке с краевым условием третьего рода / Ф.О. Найдюк, В.Л. Прядиев. - Воронеж: Воронежский гос. университет, 2004. - 115-122 с.
2. Найдюк, Ф.О. Исследование волнового уравнения с сингулярностью на несимметричном графе / Ф.О. Найдюк // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. – 2021. – №1. – С. 110–116.

АНАЛОГ ФУНКЦИЙ ГРИНА НА ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ ГРАФЕ С УПРУГОСТЯМИ

Распопова Т.Г.

ФГБОУ ВО Воронежский государственный университет

Аннотация: В докладе излагается метод исследования смешанной задачи на геометрическом графе. Сформированный метод позволяет свести представление решения исходной задачи к решениям задач на отрезках, являющихся сужением исходной задачи. При этом последние имеют представление в форме аналога функции Грина – фундаментального решения. Для обоснования корректности построенного метода разрешения задачи на графе доказывается теорема единственности, гарантирующая отсутствие иных решений отличных от найденного.

Ключевые слова: уравнение гиперболического типа, метод характеристик, функция Грина, фундаментальное решение.

Современные отрасли науки развиваются в огромном темпе. Неустанное исследование разнообразных процессов ведёт к изучению все более и более сложных явлений. Но некоторые процессы настолько трудны для естественного наблюдения, что для их исследования применяются специализированные математические модели.

Всякая модель представляет собой компоненты, взаимодействующие между собой, и их связи. Всякие сети состоят из отдельных компонентов, участвующих в моделируемых процессах, и отношений между ними. Некоторые из сетей могут визуализироваться с помощью графов – структур, состоящих из множества точек и линий, отображающих связи между этими точками. Компоненты графов представлены в виде узлов сети, а их отношения представлены в виде линий, их связывающих. Такая визуализация помогает получить качественную и количественную оценку сетей.

Процесс моделирования, позволяющий выявить существенные факторы изучаемого объекта или явления, всегда имеет в своём основании описание изучаемых явлений в математических терминах. Основными средствами исследования этих задач служат теория дифференциальных уравнений вместе с теорией функций, вариационным исчислением, функциональным анализом, теорией вероятности и вычислительной математикой.

Модели, содержащие дифференциальные уравнения, описывают экономические, физические и химические процессы, которые развиваются во времени и поэтому являются динамическими. С помощью математической модели, базирующейся на дифференциальных уравнениях, можно описывать процессы теплообмена, разнообразные процессы колебаний, движение потоков воздушного пространства и другие подобные явления.

Одними из методов решения дифференциальных уравнений являются метод Даламбера и метод функции Грина. Представление решения задачи с начально-краевыми условиями в форме Даламбера удобно с точки зрения анализа. Такое же удобство представляет функция Грина для краевой задачи.

Целью данной работы являлось изучение модели колебания на сети специального вида. Для достижения поставленной задачи применялись адаптированные метод Даламбера и метод функции Грина для решения начально-краевых задач.

Описание волнового уравнения на сети.

Введём в рассмотрение описание волновой задачи и обозначения, необходимые для дальнейшей работы.

Волновое уравнение для функции $u = u(x, t)$, зависящей от одной пространственной переменной x и времени t имеет вид:

$$u_{xx}(x, t) - q(x)u(x, t) = u_{tt}(x, t), \quad x \in G, \quad t > 0, \quad (1)$$

$$u(x + 0, h, t) = 0, \quad x \in \partial G, \quad h \in D(x), \quad t \geq 0, \quad (2)$$

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad u_t'(x, 0) = 0, \quad x \in \bar{G}. \quad (3)$$

где $q(x)$ определяется как

$$q(x, t) = \sum k_a \delta(x - a) + \sum k_b \delta'(x - b),$$

где $k_a, k_b > 0$, δ – дельта-функция Дирака, G – связный открытый геометрический граф, $a \in Y(G)/Y$, $b \in Y$, $u \in \tilde{C}^2(R(G))$.

Определение 1. Графом-веретеном будем называть граф с $2m$ ребрами ($m \geq 2$) длиной l и $(m + 2)$ вершинами, две из них имеют равную степень m (эти вершины будем обозначать через a_1 и a_2), а остальные – степень два (эти вершины будем обозначать через $b_1, b_2 \dots b_m$).

Определение 2. Через $V_{2m}(l, Y, k_1, k_2, k_3, \varphi(x))$ будем обозначать смешанную задачу (3.2.1.)-(3.2.3.) на графе-веретене, где k_1, k_2 – коэффициенты, определенный для узлов, обозначенных через a_1 и a_2 соответственно, а k_3 – коэффициент, определённый для всех остальных вершин графа веретена G ($b_1, b_2 \dots b_m$).

Определение 3. Графом-звездой будем называть граф с m ребрами длины l ($m \geq 2$), одна из них имеет степень m (эти вершины будем обозначать через a_1 и a_2), а остальные – степень один.

Определение 4. Через $B_m(l, Y, k_1, k_2, \varphi(x))$ будем обозначать смешанную задачу (3.2.1.)-(3.2.3.) на графе-звезде, где k_1 – коэффициент, определенный для узла, обозначенного через a , а k_2 – коэффициент, определённый для всех остальных вершин графа веретена G ($b_1, b_2 \dots b_m$).

Введём в рассмотрение задачу, которая может быть смоделирована математическими моделями колебаний струнной системы. Система представляет собой открытый граф, состоящий из четырех ребер и четырех вершин. Под ребрами графа подразумеваются струны, закрепленные на обоих концах пружинами, под вершинами – пружины, коэффициент жесткости которых обозначается через $2k$.

Описанная выше модель в терминах дифференциальных уравнений гиперболического типа будет иметь вид:

$$u_{xx}(x, t) - q(x)u(x, t) = u_{tt}(x, t), \quad x \in G, \quad t > 0, \quad (4)$$

$$u(x + 0 \cdot h, t) = 0, \quad x \in \partial G, \quad h \in D(x), \quad t \geq 0, \quad (5)$$

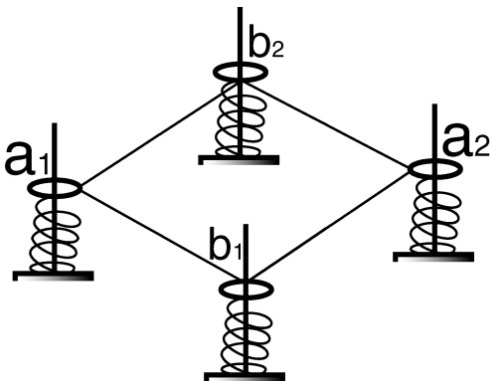
$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad u_t'(x, 0) = 0, \quad x \in \bar{G}. \quad (6)$$

где функция $q(x, t)$ с учетом условий задачи принимает вид:

$$q(x, t) = k_1 \delta(x - a_1) + k_2 \delta(x - a_2) + k_3 \delta(x - a_3) + k_4 \delta(x - a_4),$$

где $k_1, k_2, k_3, k_4 > 0$, $a_1, a_2, a_3, a_4 \in Y(G)/Y$, δ – дельта-функция Дирака, G – граф-веретено, состоящий из четырёх рёбер.

Рассматриваемая задача представлена механической системой, которая колеблется в вертикальной плоскости и изображена на рисунке:



Согласно введённым обозначениям, обозначим рассматриваемую задачу через $V_4(l, \emptyset, 2k, 2k, 2k, \varphi(x))$.

Для построения решения задачи $V_4(l, \emptyset, 2k, 2k, 2k, \varphi(x))$ введём ориентацию

$$h_{ij} = \frac{1}{\|a_j - b_i\|} (a_j - b_i)$$

и 2 вспомогательных оператора:

$$E\varphi(x) = \frac{1}{2} \left(\varphi(b_i + \|x - b_i\|h_{1i}) + \varphi(b_i + \|x - b_i\|h_{2i}) \right), \quad x \in \bar{G}$$

и

$$O\varphi(x) = E\varphi(x) - \varphi(x), \quad x \in \bar{G} \setminus Y.$$

Замечание. Существует взаимно однозначное отображение $\bar{Y}_1 \setminus Y$ в отрезке $[0, 2l]$ определяется следующим образом:

$$\alpha(x) = \begin{cases} \|x - a_1\|, & x \in [a_1, b_1] \\ l + \|x - b_1\|, & x \in [b_1, a_2] \end{cases}.$$

Теорема 1. Пусть существует функция $u(x, t)$ – решение задачи (4)-(6). Тогда оно единственно.

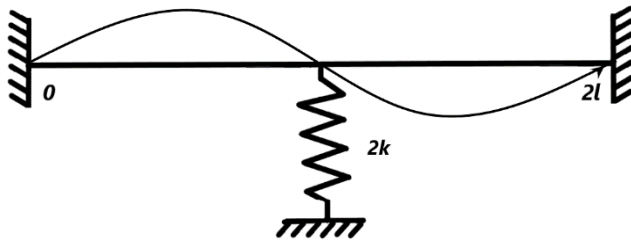
Рассмотрение вспомогательных задач с упругими опорами на отрезках

Для успешного решения поставленной задачи введем в рассмотрение вспомогательные инструменты.

Будем рассматривать две основные задачи на отрезках $[0, 2l]$: задачу $v(y, t)$, которая может быть описана

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = 0, & 0 < x < 2l, t > 0 \\ v(0, t) = 0, \quad v(2l, t) = 0, & t > 0 \\ v(y, 0) = \varphi(y), \quad \frac{\partial v}{\partial t}(y, 0) = \psi(y), & 0 \leq x \leq 2l \\ \frac{\partial v}{\partial y}(l+0, t) - \frac{\partial v}{\partial y}(l-0, t) = 2kv(l, t), & t > 0 \end{cases} \quad (7)$$

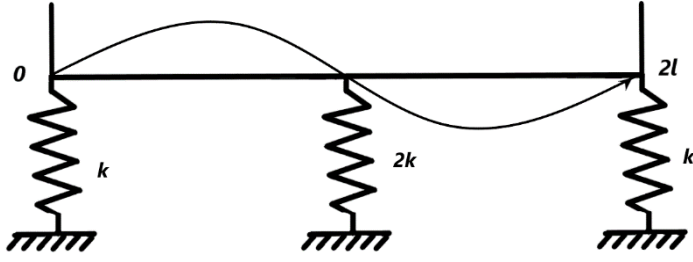
и колебанием механической системой, представленной на рисунке



и задачу $w(y, t)$, описанную

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0, & 0 < x < 2l, t > 0 \\ w'_x(0, t) - kw(0, t) = 0, \quad w'_y(l, t) + kw(l, t) = 0, & t > 0 \\ w(y, 0) = \varphi(y) \quad \frac{\partial w}{\partial t}(x, 0) = \psi(y), & 0 \leq x \leq 2l \\ \frac{\partial w}{\partial y}(l+0, t) - \frac{\partial w}{\partial y}(l-0, t) = 2kw(l, t), & t > 0 \end{cases} \quad (8)$$

и колебанием механической системой, представленной на рисунке



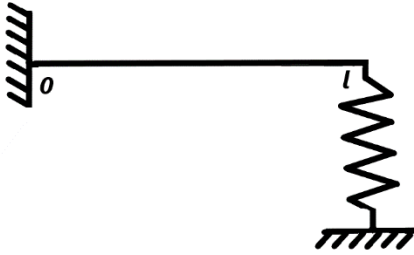
Определим для введённых задач на отрезке задачи-сужения, с помощью которых могут быть получены решения задач (7) и (8).

I Рассмотрим задачу

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 v_{11}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 v_{11}}{\partial y^2} = 0, & 0 < x < l, t > 0 \\ v_{11}(y, 0) = \widetilde{\varphi}_1(y), & 0 \leq x \leq l \\ \frac{\partial v_{11}}{\partial t}(y, 0) = 0, & 0 \leq x \leq l, \\ \frac{\partial v_{11}}{\partial y}(l, t) + kv_{11}(l, t) = 0, & t > 0 \\ v_{11}(l, t) = 0, & t > 0 \end{cases} \quad (9)$$

где функция $\widetilde{\varphi}_1(x)$ – сужение φ на $[0, l]$.

Данная задача может моделировать колебания механической системы, которая может быть описана следующим образом:



Решение такой задачи представимо в виде формулы Даламбера:

$$v_{11}(y, t) = \frac{1}{2}(\widetilde{\varphi}_1(y+t) + \widetilde{\varphi}_1(y-t)),$$

где

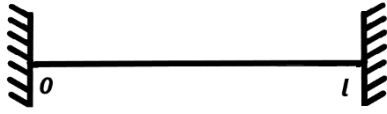
$$\begin{aligned} \widetilde{\varphi}_1(y) = & (-1)^n \varphi_1(y - 2nl) - \\ & - (-1)^n \sum_{i=1}^n \kappa_i^n(2ky) \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{2k(t-y)} \varphi_1(t - 2nl) dt \\ & - \sum_{j=1}^{n-1} (-1)^j \sum_{i=1}^j \kappa_i^j(2ky) \int_{(2j-1)l}^{(2j+1)l} t^{i-1} e^{2k(t-y)} \varphi_1(t - 2jl) dt. \end{aligned}$$

II Рассмотрим задачу

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 v_{12}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 v_{12}}{\partial y^2} = 0, & 0 < x < l, t > 0 \\ v_{12}(y, 0) = \widetilde{\varphi}_2(y), & 0 \leq x \leq l \\ \frac{\partial v_{12}}{\partial t}(y, 0) = 0, & 0 \leq x \leq l' \\ v_{12}(l, t) = 0, & t > 0 \\ v_{12}(0, t) = 0, & t > 0 \end{cases} \quad (10)$$

где функция $\widetilde{\varphi}_2(x)$ – сужение φ на $[0, l]$.

Данная задача может моделировать колебания механической системы, которая может быть описана следующим образом:



Решение такой задачи представимо в виде формулы Даламбера:

$$v_{12}(y, t) = \frac{1}{2}(\widetilde{\varphi}_2(y + t) + \widetilde{\varphi}_2(y - t)),$$

где

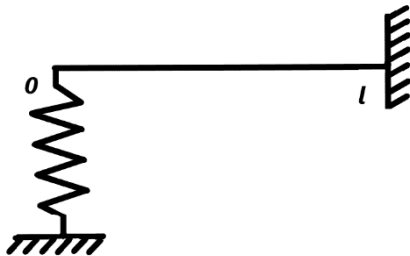
$$\widetilde{\varphi}_2(y) = \begin{cases} \varphi_2(y), & x \in [0, l] \\ -\varphi_2(-y), & x \in [l, 2l] \\ \varphi(y), & x > 2l \end{cases}$$

III Рассмотрим задачу

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 w_{11}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 w_{11}}{\partial y^2} = 0, & 0 < x < l, t > 0 \\ w_{11}(y, 0) = \widetilde{\varphi}_3(y), & 0 \leq x \leq l \\ \frac{\partial w_{11}}{\partial t}(y, 0) = 0, & 0 \leq x \leq l, \\ \frac{\partial w_{11}}{\partial y}(0, t) - kw_{11}(0, t) = 0, & t > 0 \\ w_{11}(l, t) = 0, & t > 0 \end{cases} \quad (11)$$

где функция $\widetilde{\varphi}_3(x)$ – сужение φ на $[0, l]$.

Данная задача может моделировать колебания механической системы, которая может быть описана следующим образом:



Решение такой задачи представимо в виде формулы Даламбера:

$$w_{11}(y, t) = \frac{1}{2}(\widetilde{\varphi}_3(y + t) + \widetilde{\varphi}_3(y - t)),$$

где

$$\begin{aligned} \widetilde{\varphi}_3(l - y) = & (-1)^n \varphi_3(y - 2nl) - \\ & - (-1)^n \sum_{i=1}^n \aleph_i^n(2ky) \int_{(2n-1)l}^y t^{i-1} e^{2k(t-y)} \varphi_3(t - 2nl) dt \\ & - \sum_{j=1}^{n-1} (-1)^j \sum_{i=1}^j \aleph_i^j(2ky) \int_{(2j-1)l}^{(2j+1)l} t^{i-1} e^{2k(t-y)} \varphi_3(t - 2jl) dt. \end{aligned}$$

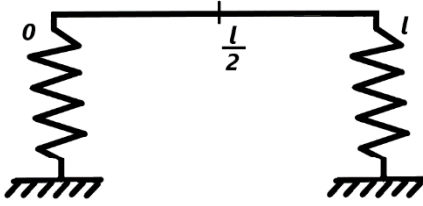
Замечание. Решение задачи **III** имеет такое же представление, как и описание решения задачи **I** с точностью до замены переменных.

IV Рассмотрим задачу

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 w_{12}}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 w_{12}}{\partial y^2} = 0, & 0 < x < l, t > 0 \\ w_{12}(y, 0) = \widetilde{\varphi}_4(y), & 0 \leq x \leq l \\ \frac{\partial w_{12}}{\partial t}(y, 0) = 0, & 0 \leq x \leq l' \\ w'_y(0, t) - kw_{12}(0, t) = 0, & t > 0 \\ w'_y(l, t) = 0, & t > 0 \end{cases} \quad (12)$$

где функция $\widetilde{\varphi}_4(x)$ – сужение φ на $[0, l]$.

Данная задача может моделировать колебания механической системы, которая может быть описана следующим образом:



Решение этой задачи может быть сведено к решению задач на графах $B_2\left(\frac{l}{2}, \emptyset, 0, k, \xi^{0\varphi}\right)$ и $B_2\left(\frac{l}{2}, \emptyset, \infty, k, \xi^{E\varphi}\right)$. Решение последних может быть представлено в форме аналога Даламбера исходя из следующего замечания.

Утверждение. Пусть $\varphi(x) \in K_m^B(l, \emptyset, k_1, k_2)$, где пара (k_1, k_2) принимает значение $(0, k)$, либо $(k, +\infty)$, где k – некоторое положительное число. Тогда:

1. Решение $\xi^{0\varphi}(x, t)$ задачи $B_m\left(\frac{l}{2}, \emptyset, k_1, k_2, 0\varphi\right)$ существует, причем $\forall(h \in D(a))$ функция $\xi^{0\varphi}(a + yh, t)$ не зависит от выбора h и является решением задачи $S\left(l, \frac{k_1}{m}, k_2, 0\varphi(a + yh)\right)$.
2. $\forall(i = \overline{2, m})$ решение $\xi^{E\varphi}(x, t)$ задачи $B_m\left(\frac{l}{2}, \emptyset, k_1, k_2, E\varphi\right)$ существуют, причем $\xi^{E\varphi}(a + yh, t)$ является решением задачи $S(l, +\infty, k_2, E\varphi(a + y))$ и $\xi^{E\varphi}(a + yh, t) = -\xi^{E\varphi}(a + yh, t)$ и, если $h \notin \{h_1, h_i\}$, то $\xi^{E\varphi}(a + yh, t) \equiv 0$.

Метод конструирования решения задачи на сети

Лемма 1. Решение задачи (9) представимо в виде:

$$v_{11}(y, t) = - \int_0^l g_1(y, t, s) G_1''(y, s) ds,$$

где функция $g_1(y, t, s)$, является решением задачи (9) заменой $\widetilde{\varphi}_1$ на $G_1(y, s)$.

Функция $g_1(y, t, s)$ представима в форме Даламбера:

$$g_1(y, t, s) = \frac{1}{2}(\widetilde{g}_1(y - t, s) + \widetilde{g}_1(y + t, s)).$$

где функция $\widetilde{g}_1$ есть продолжение $\widetilde{\varphi}_1$ с $[0, l]$ на R , а функция $G_1(y, s)$ имеет явное представление:

$$G_{11}(y, s) = \begin{cases} kl \left(1 - \frac{s}{l}\right) \left(y - \frac{(1 + kl)}{k}\right), & 0 \leq y < s \\ kl \left(s - \frac{(1 + kl)}{k}\right) \left(1 - \frac{y}{l}\right), & s < y \leq l \end{cases}.$$

Лемма 2. Решение задачи (10) представимо в виде:

$$v_{12}(y, t) = - \int_0^l g_2(y, t, s) G_2''(y, s) ds,$$

где функция $g_2(y, t, s)$, является решением задачи (10) заменой $\widetilde{\varphi}_2$ на $G_2(y, s)$.

Функция $g_2(y, t, s)$ представима в форме Даламбера:

$$g_2(y, t, s) = \frac{1}{2}(\widetilde{g}_2(y - t, s) + \widetilde{g}_2(y + t, s)).$$

где функция $\widetilde{g}_2$ есть продолжение $\widetilde{\varphi}_2$ с $[0, l]$ на R , а функция $G_2(y, s)$ имеет явное представление:

$$G_2(y, s) = \begin{cases} y\left(\frac{s}{l} - 1\right), & 0 \leq y < s \\ s\left(\frac{y}{l} - 1\right), & s < y \leq l \end{cases}.$$

Лемма 3. Решение задачи (11) представимо в виде:

$$w_{11}(y, t) = - \int_0^l g_3(y, t, s) G_3''(y, s) ds,$$

где функция $g_3(y, t, s)$, является решением задачи (11) заменой $\widetilde{\varphi}_3$ на $G_3(y, s)$.

Функция $g_3(y, t, s)$ представима в форме Даламбера:

$$g_3(y, t, s) = \frac{1}{2}(\widetilde{g}_3(y - t, s) + \widetilde{g}_3(y + t, s)).$$

где функция $\widetilde{g}_3$ есть продолжение $\widetilde{\varphi}_3$ с $[0, l]$ на R , а функция $G_3(y, s)$ имеет явное представление:

$$G_3(y, s) = \begin{cases} \frac{\left(\frac{s}{l} - 1\right)\left(y + \frac{1}{k}\right)}{\left(1 + \frac{1}{kl}\right)}, & 0 \leq y < s \\ \frac{\left(s + \frac{1}{n}\right)\left(\frac{y}{l} - 1\right)}{\left(1 + \frac{1}{kl}\right)}, & s < y \leq l \end{cases}.$$

Лемма 4. Решение задачи (12) представимо в виде:

$$w_{12}(y, t) = - \int_0^l g_4(y, t, s) G_4''(y, s) ds,$$

где функция $g_4(y, t, s)$, является решением задачи (12) заменой $\widetilde{\varphi}_4$ на $G_4(y, s)$.

Функция $g_4(y, t, s)$ представима в форме Даламбера:

$$g_4(y, t, s) = \frac{1}{2}(\widetilde{g}_4(y - t, s) + \widetilde{g}_4(y + t, s)).$$

где функция $\widetilde{g}_4$ есть продолжение $\widetilde{\varphi}_4$ с $[0, l]$ на R , а функция $G_4(y, s)$ имеет явное представление:

$$G_4(y, s) = \begin{cases} -y - \frac{1}{k}, & 0 \leq y < s \\ -s - \frac{1}{k}, & s < y \leq l \end{cases}.$$

Лемма 1. Пусть $v_1(y, t)$ – решение задачи (9), а $v_2(y, t)$ – решение задачи (10). Тогда решение задачи (7) представимо в виде:

$$v(y, t) = \widetilde{v}_1(y, t) + \widetilde{v}_2(y, t),$$

где

$$\begin{aligned} \widetilde{v}_1(y, t) &= \begin{cases} v_{11}(y, t), & y \in (0, l) \\ v_{11}(2l - y, t), & y \in (l, 2l) \end{cases} \\ \widetilde{v}_2(y, t) &= \begin{cases} v_{12}(y, t), & y \in (0, l) \\ -v_{12}(2l - y, t), & y \in (l, 2l) \end{cases} \end{aligned}$$

Доказывается прямой подстановкой в задачу (5.2.1.).

Лемма 2. Пусть $w_1(y, t)$ – решение задачи (11), а $w_2(y, t)$ – решение задачи (12). Тогда решение задачи (8) представимо в виде:

$$w(y, t) = \widetilde{w}_1(y, t) + \widetilde{w}_2(y, t),$$

где

$$\widetilde{w}_1(y, t) = \begin{cases} w_{11}(y, t) \\ w_{11}(-y, t) \end{cases}$$

$$\tilde{w}_2(y, t) = \begin{cases} w_{12}(y, t) \\ -w_{12}(-y, t) \end{cases}$$

Теорема 2. Решением основной задачи (4)-(6) будет функция $u(x, t)$:

$$u(x, t) = u^{E\varphi}(x, t) + u^{O\varphi}(x, t),$$

где функции $u^{E\varphi}(x, t)$ и $u^{O\varphi}(x, t)$ имеют представление в виде:

$$u^{E\varphi}(x, t) = \begin{cases} (v+w)(b_i + \|x - b_i\| h_{1i}) + (v+w)(b_i + \|x - b_i\| h_{2i}) \\ (v+w)(b_i + \|x - b_i\| h_{1i}) + (v+w)(b_i + \|x - b_i\| h_{2i})' \end{cases}$$

$$u^{O\varphi}(\bar{x}, t) = \begin{cases} (v+w)(b_i + \|x - b_i\| h_{1i}) + (v+w)(b_i + \|x - b_i\| h_{2i}) \\ -(v+w)(b_i + \|x - b_i\| h_{1i}) - (v+w)(b_i + \|x - b_i\| h_{2i})' \end{cases}$$

Вывод

В работе был исследован механизм построения аналога функции Грина для смешанной задачи на графе, названного фундаментальным решением.

Решение поставленной задачи строилось посредством создания механизма, позволяющего представить его через решение более простых задач, являющихся сужением исходной на одномерные множества (отрезок). Кроме того, для корректности поставленной задачи была доказана теорема единственности.

В ходе работы были использованы такие методы как: метод характеристик, метод функции Грина, использование вспомогательных операторов. Все эти методы позволили получить цепочку шагов, приводящую к формированию решения исходной волновой задачи на открытом связном геометрическом графе.

Литература

1. Найдюк, Ф.О. Формула продолжения начальных данных в решении Даламбера для волнового уравнения на отрезке с краевым условием третьего рода / Ф.О. Найдюк, В.Л. Прядиев. - Воронеж: Воронежский гос. университет, 2004. - 115-122 с.
2. Найдюк, Ф.О. Исследование волнового уравнения с сингулярностью на несимметричном графе / Ф.О. Найдюк // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. – 2021. – №1. – С. 110–116.
3. Соболев, С.Л. Уравнения математической физики / С.Л. Соболев. - Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1950. - 424 с.
4. Соболев, С.Л. Уравнения математической физики / С.Л. Соболев. - Москва: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1950. - 424 с.

УДК 517.9

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ И ИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ ПОЛЕТА САМОЛЕТОВ

Корыпаева Ю.В., Бондарев М.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

(г. Воронеж)

Аннотация. В работе приведен краткий обзор важности численных методов для решения дифференциальных уравнений и их систем при изучении динамики полетов самолетов. Приведен текст программы на языке программирования PascalABS.NET, в которой реализован алгоритм метода Рунге-Кутты для решения задачи Коши для системы 3-х обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений. Данный алгоритм может быть легко модифицирован для решения систем дифференциальных уравнений, описывающих динамические процессы при полетах объектов авиации.

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, численные методы, программирование.

Дифференциальные уравнения (ДУ) являются тем языком, которым особенно часто пользуются при математическом моделировании явлений и процессов самой разнообразной природы (в физике, химии, биологии, экономике и др.).

Обычно в лекционных курсах и на практических занятиях по теме «Дифференциальные уравнения» серьезное внимание уделяется аналитическим методам их решения и исследования [1]. Но аналитические методы накладывают жесткие ограничения на вид уравнения. На занятиях по математике мы столкнулись с тем, что для большинства ДУ не известны способы построения точного аналитического решения, и здесь на помощь приходят численные методы [2].

В настоящее время численные методы решения ДУ хорошо разработаны и являются наиболее мощным математическим средством решения научно-технических задач ([2], [3]). К численному решению обыкновенных ДУ приходится обращаться, когда не удается построить аналитическое решение задачи через известные функции. Хотя для некоторых задач численные методы оказываются более эффективными даже при наличии аналитических решений.

Стремительное развитие компьютерной техники и программного обеспечения наряду с постоянно совершенствующимися численными методами открывают новые возможности в решении сложных практических задач.

Численные методы в совокупности с возможностью их автоматизации при использовании персональных компьютеров позволяют решать сложные задачи научного, технического и экономического характера. Постоянное развитие и совершенствование алгоритмов и программных средств их реализации обосновывает актуальность обучения навыкам использования численных методов для решения прикладных и научно-исследовательских задач.

Однако следует помнить, что применение любого численного метода, вообще говоря, всегда позволяет найти решение ДУ лишь приближенно. Причем, величины погрешностей точно заранее не известны, и многие численные методы не дают способов их оценки. Поэтому очень важно знать источники этих ошибок, возникающих при численном интегрировании ДУ, уметь прогнозировать «качество» численного метода в конкретной ситуации.

Существуют многочисленные стандартные программы и объектно-ориентированные пакеты прикладных программ, при использовании которых существенно сокращается время и ресурсы по решению прикладных задач. Однако необходимо знать основные свойства и понимать сущность численных методов и алгоритмов, поскольку как применение пакетов программ, так и интерпретация результатов расчетов бывает нетривиальной и требует знания особенностей используемых методов.

Целью данной работы является ознакомление курсантов с математическими основами численных методов решения задач Коши и краевых задач для обыкновенных ДУ и их систем, обучение построению алгоритмов и составлению программ для решения конкретных заданий.

Простейшими численными методами решения задачи Коши

$$y' = f(x, y), \quad (1)$$

$$y(x_0) = y_0, \quad (2)$$

для обыкновенного ДУ (1) являются метод Эйлера и модифицированный метод Эйлера, которые можно отнести к частным случаям методов Рунге-Кутты.

Эти методы применяют для вычисления значений y_{i+1} , ($i = 0, 1, 2, \dots$) через y_i и $f(x, y)$, определенных при некоторых специальным образом выбираемых значениях

$x \in [x_i; x_{i+1}]$ и $y(x)$. На их основе могут быть построены разностные схемы разного порядка точности для задачи (1), (2).

Одним из наиболее часто используемых методов является метод Рунге-Кутты четвертого порядка. Данный метод требует на каждом шаге четырехкратного вычисления правой части $f(x, y)$ уравнения (1). Суммарная погрешность этого метода есть величина $O(h^4)$. Метод Рунге-Кутты требует большего объема вычислений по сравнению с методами Эйлера, однако это окупается повышенной точностью, что дает возможность проводить счет с большим шагом. Другими словами, для получения результатов с одинаковой точностью в методе Эйлера потребуется значительно меньший шаг, чем в методе Рунге-Кутты.

Огромный практический интерес представляет применение численных методов для решения систем ДУ (как линейных, так и нелинейных). В частности в таком разделе, как динамика полета летательных аппаратов (ЛА), приходится постоянно иметь дело именно с системами ДУ.

В частности, для описания движения центра масс ЛА относительно вращающейся Земли получается система

$$m(t) \frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{P} + \bar{R}_a + \bar{G} + \bar{J}_{кор}, \quad (3)$$

где m – масса ЛА, $\bar{V}$ – скорость материальной точки, $\bar{R}_a$ – главный вектор аэродинамических сил, $\bar{G}$ – вектор силы тяжести, $\bar{J}_{кор} = -2m \cdot [\bar{\omega}_3 \times \bar{V}]$ – кориолисова сила инерции, $\bar{\omega}_3$ – угловая скорость вращения Земли (направлена с юга на север).

Для описания движения ЛА в перегрузках получается система из тринадцати обыкновенных нелинейных ДУ (9 кинематических, 3 динамических, которые описывают пространственное движение ЛА и уравнение расхода масс). Список систем ДУ, появляющихся при изучении динамики полета ЛА можно продолжать, их количество достаточно велико ([4-6]).

В связи с актуальностью численных методов при решении систем ДУ при моделировании различных процессов составлена программа, реализующая метод Рунге-Кутты для решения системы 3-х нелинейных ДУ. Приведем текст программы на языке PascalABS.net ([7], [8]) для численного решения нелинейной системы

$$\begin{cases} y_1' = y_1 - y_2 + \sin t, \\ y_2' = y_2 - y_3, \\ y_3' = y_3 + y_1 - \sqrt{t}, \end{cases}$$

с начальными условиями $y_1(t_0) = y_{10}$, $y_2(t_0) = y_{20}$, $y_3(t_0) = y_{30}$:

```
PROGRAM RK3;
USES crt;
VAR t, t0, tk, y1, y2, y3, y10, y20, y30, h:real;
    K: array [1..4,1..4] of real;    I, n:integer;
FUNCTION F1 (t, y1, y2, y3:real):real;
BEGIN
F1:=y1-y2+sin(t);
END;
FUNCTION F2 (t, y1, y2, y3:real):real;
```

```

BEGIN
F2:=y2-y3;
END;
FUNCTION F3 (t, y1, y2, y3:real):real;
BEGIN
F3:=y3+y1-sqrt(t);
END;
BEGIN CLRSCR;
WRITE('Введите начало отрезка t0=');
READLN(t0);
WRITE('Введите конец отрезка tk=');
READLN(tk);
WRITE('Введите шаг h=');
READLN(h);
WRITE('Введите начальное значение 1-ой искомой функции y10='); READLN(y10);
WRITE('Введите начальное значение 2-ой искомой функции y20='); READLN(y20);
WRITE('Введите начальное значение 3-ей искомой функции y30='); READLN(y30);
n:=round((tk-t0)/h); y1:=y10; y2:=y20; y3:=y30;
FOR i:=0 TO n DO BEGIN
IF i=0 THEN BEGIN t:=t0; y1:=y10; y2:=y20; y3:=y30;
WRITELN; WRITELN;
WRITELN('Результаты решения СОДУ');
WRITELN('методом Рунге-Кутта:');
WRITELN;
WRITELN('t[';i:2,']=t:4:2, y1[';i:2,']=y1:7:4, y2[';i:2,']=y2:7:4, y3[';i:2,']=y3:7:4);
END
ELSE
BEGIN t:=t0+i*h;
K[1,1]:=h*F1(t,y1,y2,y3);
K[1,2]:=h*F2(t,y1,y2,y3);
K[1,3]:=h*F3(t,y1,y2,y3);
K[2,1]:= h*F1(t+h/2,y1+K[1,1]/2,y2+K[1,2]/2,y3+K[1,3]/2);
K[2,2]:= h*F2(t+h/2,y1+K[1,1]/2,y2+K[1,2]/2,y3+K[1,3]/2);
K[2,3]:= h*F3(t+h/2,y1+K[1,1]/2,y2+K[1,2]/2,y3+K[1,3]/2);
K[3,1]:= h*F1(t+h/2,y1+K[2,1]/2,y2+K[2,2]/2,y3+K[2,3]/2);
K[3,2]:= h*F2(t+h/2,y1+K[2,1]/2,y2+K[2,2]/2,y3+K[2,3]/2);
K[3,3]:= h*F3(t+h/2,y1+K[2,1]/2,y2+K[2,2]/2,y3+K[2,3]/2);
K[4,1]:= h*F1(t+h,y1+K[3,1],y2+K[3,2],y3+K[3,3]);
K[4,2]:= h*F2(t+h,y1+K[3,1],y2+K[3,2],y3+K[3,3]);
K[4,3]:= h*F3(t+h,y1+K[3,1],y2+K[3,2],y3+K[3,3]);
y1:=y1+( K[1,1]+2*K[2,1]+2*K[3,1]+ K[4,1])/6;
y2:=y2+( K[1,2]+2*K[2,2]+2*K[3,2]+ K[4,2])/6;
y3:=y3+( K[1,3]+2*K[2,3]+2*K[3,3]+ K[4,3])/6;
WRITELN('t[';i:2,']=t:4:2, y1[';i:2,']=y1:7:4, y2[';i:2,']=y2:7:4, y3[';i:2,']=y3:7:4);
END; END;
READLN;
END.

```

На языке программирования PascalABS.NET ([7], [8]) реализован метод Рунге-Кутта для решения задачи Коши для системы 3-х обыкновенных нелинейных ДУ. Полученные значения искомых функций достаточно близки к истинным значениям (точность метода

Рунге-Кутта есть величина $O(h^4)$). За счет выбора шага h можно обеспечить необходимую точность.

По найденным значениям искомым функций в точках x_i , ($i = 0, 1, 2, \dots$) можно построить приближенные графики решений и находить значения функций во внутренних точках частичных отрезков $[x_i; x_{i+1}]$, ($i = 0, 1, 2, \dots$).

Программу можно применить для решения систем ДУ, возникающих при моделировании динамики полетов ЛА (например, системы (3)). При необходимости программа легко развивается на случай, когда в системе больше 3-х ДУ.

Литература

1. Понтрягин, Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Л.С. Понтрягин. - М. Наука, 1974. - 331 с.
2. На Ц. Вычислительные методы решения прикладных задач / Ц. На. - М. Мир, 1982. - 296 с.
3. Самарский, А.А. Введение в теорию разностных схем / А.А. Самарский. - М.: Наука, 1971. - 552 с.
4. Лебедев, А.А. Динамика полетов беспилотных летательных аппаратов: учебное пособие для вузов / А.А. Лебедев. - М.: Машиностроение, 1973. - 616 с.
5. Бочкарев, А.Ф. Аэромеханика самолета: Динамика полета: учебник для авиационных вузов / А.Ф. Бочкарев, В.В. Андреевский, В.М. Болоконов, В.И. Климов, В.М. Турапин. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. - 360 с.
6. Котик, В.М. Динамика взлета и посадки самолета / В.М. Котик. - М.: Машиностроение, 1984. - 256 с.
7. Долинер, Л.И. Основы программирования в среде PascalABC.NET: учебное пособие / Л.И. Долинер. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. - 128 с.
8. Осипов, А.В. PascalABC.NET: Введение в современное программирование / А.В. Осипов. - Ростов-на-Дону, 2019. - 572с.: ил.

УДК 623.4

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕГРАЛА СТИЛТЬЕСА ПРИ РЕШЕНИИ ВОЕННО-ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

Рыжкова Э.Н., Подборцев А.В.

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
(г. Воронеж)*

Аннотация: рассмотрено применение интеграла Стильтьеса при вычислении скорости поворота орудия.

Ключевые слова: интеграл Стильтьеса, распределение материи орудия, центр закрепления, скорость поворота.

Интегральное исчисление исторически занимает особое место в математическом анализе. Одной из первых проблем, решенных обыкновенным интегрированием, была проблема измерения площади плоской фигуры.

В 1894 году голландский математик Стильтьес (T.J. Stieltjes) сформулировал обобщенное определение интеграла, которое в дальнейшем привело к преобразованию теории интегрального исчисления и вывело ее за пределы не только классических, но и специальных задач.

Интеграл Стилтеса имеет практическое применение в теории моментов. С помощью него при прочих заданных условиях можно определять момент импульса необязательно однородного тела, центр тяжести (массы) материи, распределенной непрерывно на данном промежутке. Рассмотрим одну из них.

Задача. Самоходная артиллерийская установка (САУ) имеет одно орудие, которое может вращаться параллельно горизонтальной оси. Орудие установлено на стойку и имеет позади рычаги для управления и наводки человеком. Масса орудия неизвестна, но дана его длина $l=2,5$ м и линейная плотность $\tau=160$ кг/м. Известно, что орудие вращается от крайнего правого до крайнего левого положения за время $t=2$ с. Чтобы привести орудие во вращение, наводчику требуется приложить некоторую силу, величина которой неизвестна. Коэффициент трения покоя материала, из которого сделано орудие, о вращательную установку равен μ_n . Известно, что при ускоренном движении коэффициент трения в силу инерции стремится к нулю. Необходимо рассчитать скорость поворота орудия, если известно, что от геометрического центра закрепления орудия до рычагов управления $L_f = 0,3$ м (рисунок 1).

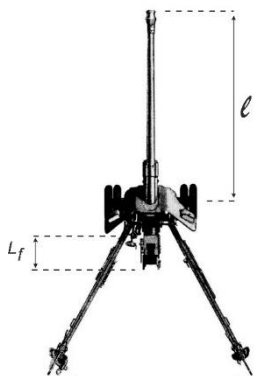


Рисунок 1 – Метрические характеристики орудия

Решение.

1. Пусть материя орудия (его масса) распределена на промежутке $[a, b]$ (рисунок 2).

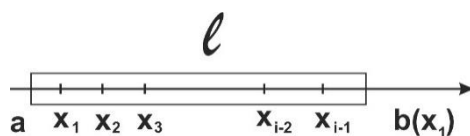


Рисунок 2 – Распределение материи орудия по оси OX

Положим, что значение функции $g(x)$ определяет массу орудия в промежутке $[a, x]$, и $g(a)$ – масса орудия в точке a , если таковая существует. Следует учесть, что $g(x)$ – неубывающая функция, ведь масса – положительная величина. Пусть $g(x)=g(x+0)$, то есть функция должна быть непрерывна справа во всех точках разрыва непрерывности, за исключением $x=b$, так как не имеет смысла рассмотрение функции все указанного промежутка.

Орудие длиной $l=b-a$ имеет массу $m_0=\tau \cdot l$. Массы m_1, m_2, m_3 – сконцентрированные в соответствующей точке графика (рисунок 3).

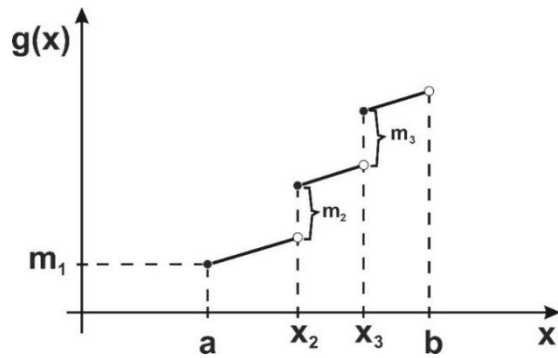


Рисунок 3 – Функция зависимости массы от длины орудия

Так как дана линейная плотность орудия, то для него

$$g(x) = \begin{cases} \tau \cdot l = \tau(x-a), & x \geq a, \\ 0, & \text{если } x < a. \end{cases} \quad (1)$$

2. Орудие совершает вращательное движение. Из курса физики [2] известно, что угловая скорость вращающегося тела определяется, как

$$\vec{\omega} = \vec{\omega}_0 + \vec{\varepsilon} \cdot t. \quad (2)$$

Так как орудие совершает вращательное движение из состояния покоя, то

$$\omega = \varepsilon \cdot t \quad (3)$$

ε – угловое ускорение, t – рассматриваемый промежуток времени.

3. Угловое ускорение определяется с помощью основного закона механики вращательного движения:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}}{I}, \quad (4)$$

где I – момент инерции тела относительно неподвижной оси, $\vec{M}$ – результирующий момент действующих сил.

4. Определение момента сил. В скалярной форме [2]

$$M = r \cdot F_{\text{пер}} \cdot \sin \alpha, \quad (5)$$

где r – плечо силы. Так как неподвижная ось проходит через точку крепления орудия перпендикулярно ему (вертикально вниз), то $\alpha = \frac{\pi}{2}$, значит

$$M = r \cdot F_{\text{пер}}. \quad (6)$$

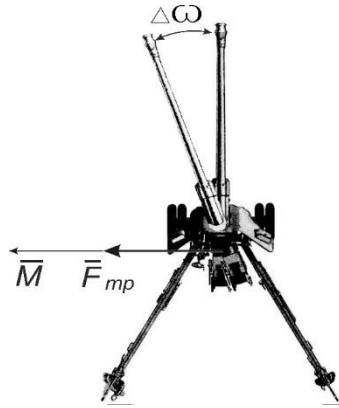


Рисунок 4 – Поворот орудия

При этом $F_{\text{пер}} = |F_{\text{мп}}|$ – это сила, прикладываемая наводчиком, чтобы сдвинуть орудие, то есть преодолеть силу трения покоя, определяемую согласно закону Амонтона – Кулона [2]

$$F = \mu_n \cdot m_0 \cdot g. \quad (7)$$

После того, как орудие сдвинулось с места, по условию, коэффициент трения стремится к 0, значит и сила трения целиком стремится к 0, тогда равнодействующая всех сил, действующих на орудие – это и есть сила, прикладываемая наводчиком. Значит момент сил равен

$$M = L_f \cdot \mu_n \cdot g \cdot \tau \cdot l. \quad (8)$$

где $\tau \cdot l = m_0$ – масса орудия, g – ускорение свободного падения вблизи Земли.

5. Теперь найдем величину, играющую главную роль в нашей задаче – момент инерции орудия. По определению момент инерции равен [2]

$$I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2, \quad (9)$$

где m_i – масса данного участка тела, r_i – расстояние от данного участка до оси вращения. Расстояние до оси - это и есть отрезок длиной $l = x - a$. Если $f(x)=1$, и точка «а» совпадет с геометрической точкой укрепления орудия, то есть с началом оси Ох, то $r_i = x$.

Рассмотрим функцию $g(x)$ подробнее. Если мы будем бесконечно уменьшать рассматриваемые интервалы на отрезке $[a, b]$, то график функции массы $g(x)$ будет становиться все более похожим на прямую [1]. Пусть мы уменьшили рассматриваемый интервал дробления настолько, что приращение функции на этом интервале можно считать элементарным, равным $dg(x)$. Если рассматривать выражение с физической точки зрения [2], то оно представляет из себя элементарное приращение массы данного тела на бесконечно малом промежутке, и таким образом, можно сделать вывод, что

$$dg(x) = m_i - m_{i-1} = \tau \cdot (l_i - l_{i-1}), \quad (10)$$

где интервал или отрезок $[l_i - l_{i-1}]$ – i -е подразделение дробления рассматриваемого отрезка. Пусть δ – наибольшее из i -ых подразделений. Стремление наибольшего

подразделения к 0 тождественно стремлению всех остальных подразделений к 0. Предел суммы $I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2$ при $\delta \rightarrow 0$ и будет равен интегралу Стильеса. То есть:

$$I = \lim_{\delta \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 = \int_0^b r_i^2 \cdot (m_i - m_{i-1}) \quad (11)$$

или

$$I = \int_0^b x^2 dg(x). \quad (12)$$

Теперь следует рассмотреть частный случай интеграла Стильеса [1], который путем преобразований может быть сведен к интегралу Римана, и использован в данной задаче. Пусть функция, по которой мы производим интегрирования, во-первых, непрерывна, во-вторых, она всюду на рассматриваемом промежутке имеет конечную производную. При этих условиях мы можем написать [1]

$$(S) \int f(x) dg(x) = (R) \int f(x) g'(x) dx. \quad (13)$$

При сделанных замечаниях приходим к общему выводу

$$I = \int_0^b x^2 dg(x) = \int_0^b x^2 g'(x) dx = \int_0^b x^2 (\tau x)' dx = \int_0^b x^2 \tau dx = \tau \int_0^b x^2 dx = \frac{\tau x^3}{3}. \quad (14)$$

Учитывая, что промежуток интегрирования начинается с точки, абсцисса которой равна 0

$$I = \frac{\tau b^3}{3}. \quad (15)$$

Так как в точке b длина орудия максимальна, то окончательная формула примет вид

$$I = \frac{\tau l^3}{3}. \quad (16)$$

6. Теперь мы можем найти соответственно скорость поворота орудия, объединив все полученные и выведенные формулы

$$\omega = \varepsilon \cdot t = \frac{Mt}{I} = \frac{L_f \cdot \mu_n \cdot g \cdot \tau \cdot l \cdot t}{\frac{\tau l^3}{3}} = \frac{3L_f \cdot \mu_n \cdot g \cdot t}{l^2}. \quad (17)$$

Подставляем в формулу все известные величины:

$$\omega = \frac{3 \cdot 2c \cdot 0,3m \cdot 0,4 \cdot 10^{\frac{M}{c^2}}}{(2,5m)^2} = 1,152 \text{ рад} / c.$$

Представленная и решенная задача – одна из многих иллюстраций практического применения такого инструмента, как интеграл Стильеса. Это математическое понятие широко применяется в квантовой механике, теории вероятностей, теории игр, теории функций и т.д. Его также можно использовать при расчетах важнейших механических характеристик военной техники.

Литература

- 1 Смирнов, В.И. Курс высшей математики. Учебное пособие. Т.5. - М: Государственное издательство физико-математической литературы, 1959. - 650 с.
- 2 Трофимова, Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. - М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 560 с.

УДК 519.8

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ МИНИМАЛЬНОГО ВЕКТОРА ПОТРЕБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА АГРЕГИРОВАНИЯ

Гайворонский А.С., Красова Н.Е.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. В статье рассмотрены математическая и инструментальная модели построения минимального вектора потребления с использованием аппарата агрегирования.

Ключевые слова: задача линейной оптимизации, модель формирования минимального вектора потребления, агрегирование.

Объем, состав и структура личного потребления существенно зависят как от уровня доходов индивидуума и цен на приобретаемые блага, так и от перечня товаров и услуг, предлагаемых внешней средой. Важной особенностью перечисленных факторов является их изменчивость и поэтому исследование экономического поведения каждого отдельного потребителя весьма затруднительно без такого агрегирования товаров и услуг, при котором закономерности, требующие своего учета при моделировании в секторе потребления, достаточно легко вычислительно выявляемы и устойчивы. Компьютерной реализации одного из таких способов агрегирования продуктов потребления и посвящена данная статья.

Рассмотрим задачу формирования минимального вектора потребления:

$$F(X) = \sum_{k=1}^N p_k x_k \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^N p_k x_k \leq I;$$

$$\underline{A}_l \leq \sum_{k=1}^N a_{lk} x_k \leq \overline{A}_l, \quad l = 1..L; \quad (2)$$

$$x_k \geq 0, \quad k = 1..N.$$

Система ограничений данной модели учитывает, как материальные возможности потребителя, так и необходимые нормы потребления. Пусть X - вектор потребления $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$, где под x_i понимаем объем потребления товара i -го вида. Пусть для

каждого x_i считаются заданными цены на единицу товара – p_i ; a_{li} – l -я характеристика i -го товара $l=1..L, i=1..N$.

Предположим, что число переменных очень велико, то есть $L < N$. Такая ситуация связана с непреодолимыми трудностями анализа исходной системы (1)-(2) ввиду ее большой размерности. Поэтому применение обычных методов оптимизации (например, симплексного метода, метода Франка-Вульфа и т.п. [см. 1-2]) проблематично. В таком случае применяются специальные процедуры решения такого рода задач, основанные на понижении размерности.

Говоря о различных попытках преодолеть трудности, связанные с большой размерностью, нельзя не упомянуть о попытках замены исходной задачи другой задачей, более агрегированной [3-4]. Но все методы, описанные в известной литературе, реализующие как классический, так и итеративный подходы к агрегированию, объединяет одно. Агрегированные переменные вводятся на основе *непересекающихся* подмножеств исходных переменных.

Нами для формирования минимального вектора личного потребления был использован подход гиперактивного агрегирования на основе пересекающихся подмножеств (ГАМП), описанный в работах [5-6].

Общую схему решения исходной задачи можно представить в виде двух блоков. Первый, вспомогательный содержит процедуры построения допустимых подмножеств и меры по агрегированию. а второй непосредственно реализует ГАМП. Развернутая вычислительная схема приводится на рисунке 1.

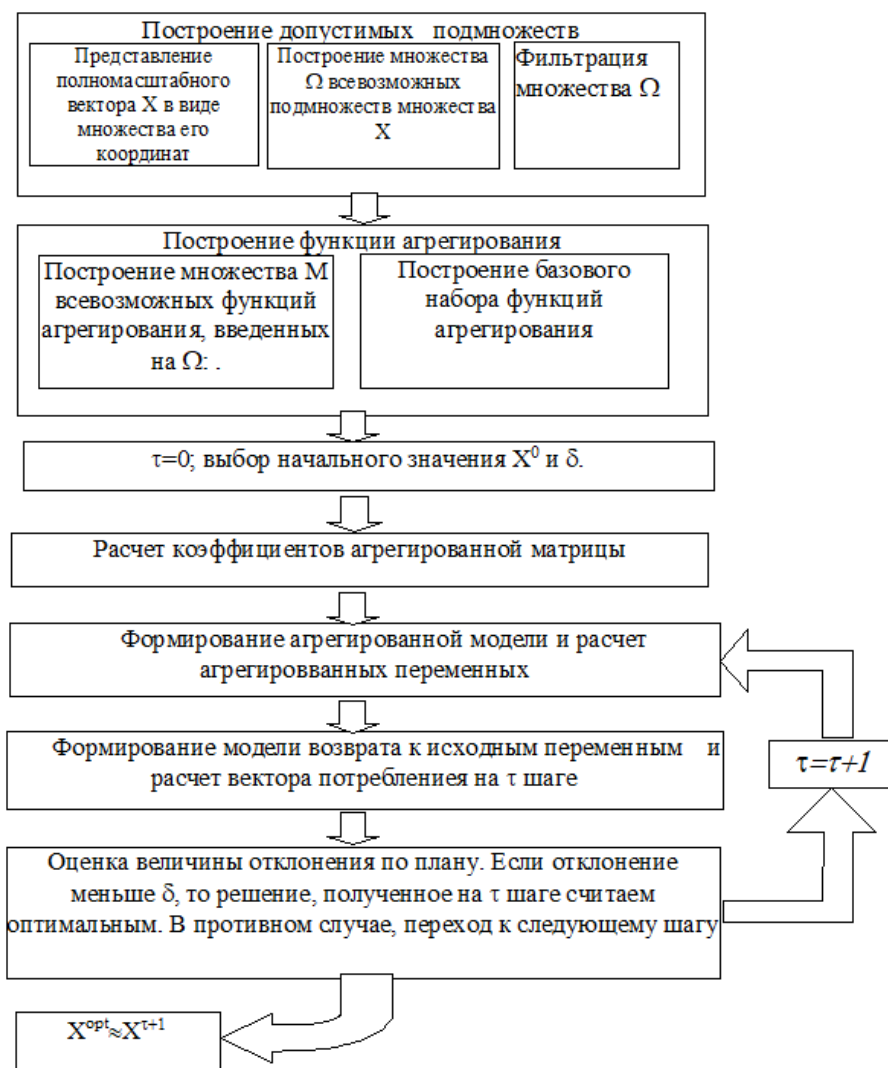


Рисунок 1 – Вычислительная схема ГАМП

Нами ГАПМ рассматривается как преобразователь, на вход которого поступает необходимая исходная информация, а на выходе решение исходной задачи. Структура системы изображена на рисунке 2 в виде структурной схемы.



Рисунок 2 – Структурная схема алгоритмического комплекса ГАПМ

Система содержит четыре взаимосвязанных блока подсистем: исходная информация (Подсистема А), вычислитель (Подсистема G), блок подсистем реализации ГАПМ (Подсистемы В, С, D) и блок выходной информации (Подсистема Н).

Подсистема А Содержит информацию о параметрах исходной задачи. Этот блок заполняется на стадии создания программы.

Подсистема реализации ГАПМ является центральным звеном и объединяет подсистемы В, С, D.

Основное назначение *подсистемы В* – построение пересекающихся подмножеств множества исходных переменных (блок В1) и на их основе формирование МП (блок В2). В основе этого блока лежат алгоритмы построения допустимых подмножеств и системы перехода к агрегированным переменным. Результаты подсистемы активно используются в каждой из подсистем С, D.

Подсистема С представляет из себя реализацию ГАПМ. При реализации этой подсистемы активно используется как исходная информация, так и результаты полученные в других подсистемах.

Подсистема D предназначена для расчета характеристик агрегированной задачи. Блок D1 содержит процедуру построения допустимого множества агрегированных переменных, а блок D2 – процедуру построения агрегированной функции цели.

Подсистема Н (вычислитель) содержит все необходимые методы для реализации каждого элемента подсистемы: симплексный метод для решения задачи линейного программирования, метод Франка-Вульфа решения задачи оптимизации с нелинейной функцией цели, метод Соболя. Методы, входящие в вычислитель, могут работать и изолированно, так и в пакетном режиме.

Завершающим звеном является *подсистема Н*, содержащая результаты работы системы.

В дальнейшем нами предполагается компьютерная реализация описанной выше общей схемы с использованием алгоритмического языка высокого уровня, а так же анализ

отклонения значения целевой функции, полученной в результате решения агрегированной задачи, от оптимального значения.

Литература

1. Юдин, Д.Б. Линейное программирование. Теория, методы и приложения/Д.Б. Юдин, Е.Г. Гольштейн – М., Наука, 1969. – 424 с.
2. Зуховицкий, Н. П. Линейное и выпуклое программирование/Н.П. Зуховицкий, А.К. Авдеева – М.: Наука, 1967. – 460 с.
3. Итеративное агрегирование и его применение в планировании / Под ред. Дудника Л.М.: – М., Экономика, 1979. – 328 с.
4. Красова, Н.Е. Агрегирование как структурообразующий фактор при моделировании активных полифункциональных систем/Н.Е. Красова, Т.В. Перловская // Сборник научных статей по материалам Всероссийской НПК «Академические Жуковские чтения. Актуальные проблемы математических и естественнонаучных дисциплин при подготовке военных специалистов» – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2013. Т. 1. – С. 78-84
5. Баева, Н.Б. Гиперактивное агрегирование задачи выпуклой оптимизации с линейными ограничениями/Н.Б. Баева, Н.Е. Двинянинова // Материалы Международной конференции «Математика. Образование. Экология. Тендерные проблемы.» Воронеж, 22-27 мая. 2001г. Том 2. – М. Прогресс-Традиция, 2001. – С. 20-28.
6. Красова, Н.Е. Нелинейная взвешенная система агрегирования модели оптимизационного межотраслевого баланса/ Н.Е. Красова // Вестник факультета ПММ. Вып. 5. – Воронеж: ВГУ, 2004. – С. 134-139.

УДК 519.8

КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕКТОРА ПОТРЕБЛЕНИЯ

Тутушкин А.Р., Красова Н.Е.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. В статье рассмотрена компьютерная реализация решения задачи построения минимального вектора потребления с использованием аппарата агрегирования.

Ключевые слова: задача линейной оптимизации, модель формирования минимального вектора потребления, агрегирование.

Рассмотрим задачу формирования минимального вектора потребления [1]:

$$F(X) = \sum_{k=1}^N p_k x_k \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^N p_k x_k \leq I;$$

$$\underline{A}_l \leq \sum_{k=1}^N a_{lk} x_k \leq \overline{A}_l, \quad l = 1..L; \quad (2)$$

$$x_k \geq 0, \quad k = 1..N.$$

Система ограничений данной модели учитывает, как материальные возможности потребителя, так и необходимые нормы потребления. Пусть X - вектор потребления $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$, где под x_i понимаем объем потребления товара i -го вида. Пусть для

каждого x_i считаются заданными цены на единицу товара – p_i ; a_{li} – l -я характеристика i -го товара $l=1..L$, $i=1..N$.

Для формирования минимального вектора личного потребления был использован подход гиперактивного агрегирования на основе пересекающихся подмножеств (ГАМП), описанный в работах [2,3].

Программно было реализовано построение пересекающихся подмножеств множества исходных переменных и на их основе формирование новых переменных, формирование агрегированных характеристик и отдельные методы вычислителя.

Основной программный файл, реализующий построение агрегированных подмножеств - project.res.

Все остальные файлы вспомогательные, описывают работу на соответствующей форме.

Unit1.pas – формирует форму, на которой происходит ввод данных и управление работой программы.

Unit2.pas – соответствует форме, на которой выводятся допустимые подмножества исходного множества переменных.

Unit3.pas – соответствует форме, на которой выводятся полученные меры по агрегированию.

Основные используемые процедуры в программе:

TForm1.Button1Click – осуществляет построение допустимых подмножеств исходного множества переменных;

TForm1.Button4Click – осуществляет считывание исходных данных;

TForm1.Button5Click – осуществляет построение агрегированных переменных.

Проиллюстрируем приведенную схему на примере.

Данные, которые применялись при расчетах находятся в Таблице 1. Допустимые нормы потребления представлены в Таблице 2.

Таблица 1 – Продукты питания: Ингредиентный состав и стоимость

Наименование	Белки	Жиры	Углеводы	Кал-ть	Ca	P	Mg	K	Na	Fe	B1	B2	PP	Стоимость
Мясо	18,6	14	0	200	9	198	60	315	60	2,6	0,06	0,15	4,7	2,2
Масло слив.	1	78	0,7	700	22	19	3	23	45	0,14	0	0,11	0,1	1,8
Масло раст.	0	99,9	0	899	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7
Молоко	2,8	3,2	4,7	58	121	91	14	146	50	0,1	0,03	0,13	0,1	0,3
Сметана	2,8	20	3,2	206	86	60	80	109	80	0,2	0,03	0,11	0,1	1,2
Сыр	26,8	27,3	0	360	1040	544	56	130	940	1,1	0,03	0,38	0,4	2,4
Яйца	12,7	11,5	0,7	157	55	215	12	140	134	2,5	0,07	0,44	0,19	1
Сахар	0	0	99,8	379	2	0	0	3	1	0,3	0	0	0	0,35
Хлеб ржан.	5,51	1	32,8	190	21	174	57	227	567	3,6	0,18	0,11	0,67	0,45
Хлеб пшен.	8,1	1,2	42	203	37	218	65	185	575	2,8	0,21	0,12	2,81	0,5
Пшено	12	2,8	65	346	27	233	83	211	28	7	0,42	0,04	1,55	0,3
Вермишель	10,7	1,3	69,6	339	24	116	45	172	20	2,1	0,25	0,12	2,22	0,4
Картофель	2	0,4	16,3	82	10	58	23	586	28	0,9	0,12	0,07	1,3	0,2
Капуста	1,8	0,1	4,7	31	48	31	16	185	13	1,6	0,03	0,04	0,74	0,5
Лук	1,4	0	9,1	41	31	58	14	175	18	0,8	0,05	0,02	0,2	0,4
Яблоки	0,4	0	9,8	38	61	11	9	248	26	0,6	0,03	0,02	0,3	0,5

Творог	16,7	9	1,3	156	164	220	23	112	41	0,4	0,04	0,27	0,4	0,7
Маргарин	0,5	82	0,4	585	11	9	1	12	20	0,07	0,1	0,06	0	0,8
Мука пш.	10,3	1,08	67,9	327	18	86	16	122	10	1,2	0,94	0,22	2,2	0,3
Рис	7	0,5	74,5	338	24	97	26	54	26	1	0,08	0,04	1,6	0,4
Морковь	1,3	0,1	7,1	33	51	55	38	200	21	0,7	0,06	0,07	1	0,4
Рыба	15,9	0,9	20	80	18	160	57	428	163	0,8	0,11	0,11	1	1

Таблица 2 – Нормы потребления для ингредиентов

Ингредиент	Допустимые нормы
Белок	280-800
Жиры	300-800
Углеводы	1500-4000
Калории	10000-23000
Ca	3000-9000
P	4000-11000
Mg	1300-5000
K	10000-40000
Na	12000-40000
Fe	40-200
B1	6-24
B2	10-25
PP	40-240

Данная задача построения стандартов потребления была решена напрямую симплексным методом и с применением метода гиперактивного агрегирования (ГАМП).

Используемые для ГАПМ допустимые подмножества были построены с помощью разработанный программы. Они представлены на рисунке 1, а меры по агрегированию на рисунке 2.

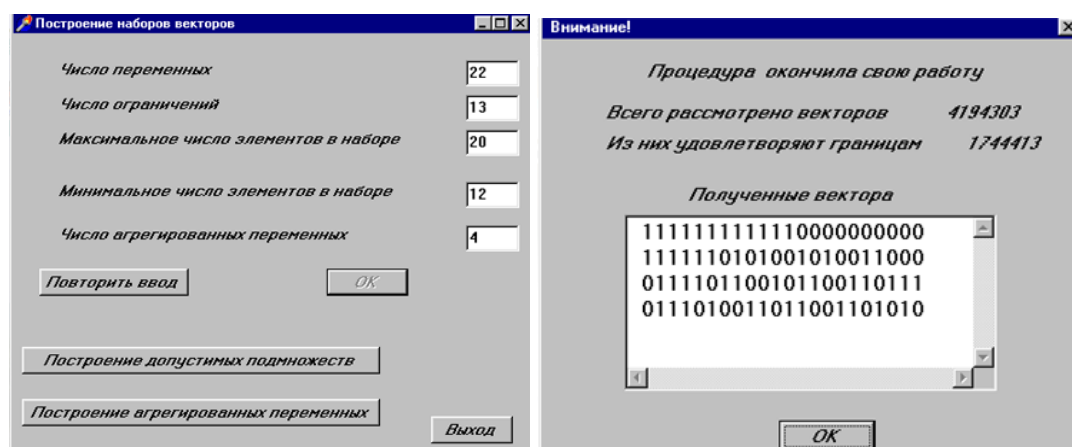


Рисунок 1 – Результат работы программы, для нахождения допустимых множеств

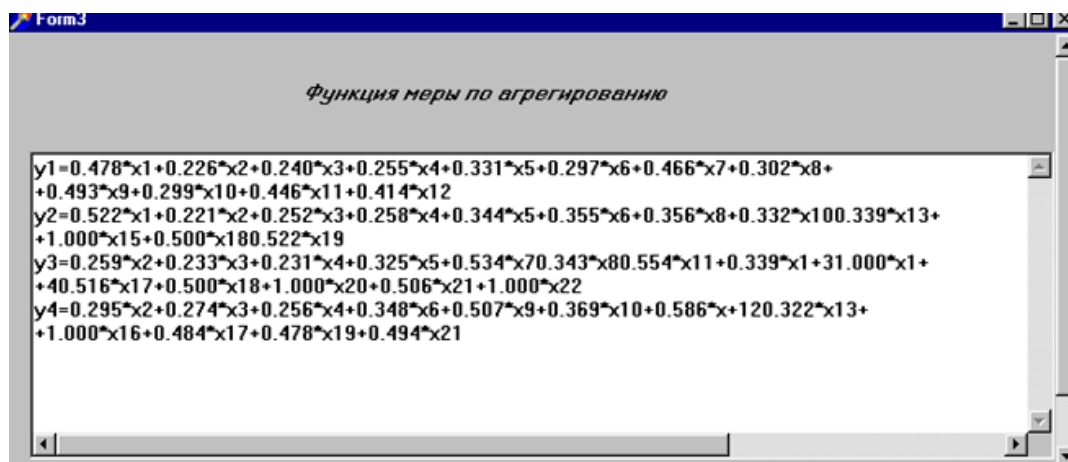


Рисунок 2 – Результат расчета функций агрегирования для ГАМП

Задачи в исходных переменных и агрегированных были решены с использованием программы для решения задачи линейной оптимизации симплексным методом [4]. Были получены следующие стандарты потребления в расчете на неделю, состав которых (в 100 гр.) приведен в Таблице 3, где X^{1*} - решение исходной задачи с применением метода гиперактивного агрегирования, X^{2*} - решение задачи симплексным методом.

Таблица 3 – Результаты решения поставленной задачи в исходной постановке и с использованием метода ГАМП

Наименование	Мясо	Масло слив.	Масло раст.	Молоко	Сметана	Сыр	Яйца	Сахар	Хлеб ржан.	Хлеб пшен.	Пшено	Вермишель	Картофель	Капуста	Лук	Яблоки	Творог	Маргарин	Мука пш.	Рис	Морковь	Рыба	Стоимость
Решение агрегированной задачи	0,0395	0	1,747	20,393	0,001	0	1,441	0	18,64	0,0004	0	0	0,0001	0	0	0	0	0,01	21,157	0,00122	0	0,0204	23,64
Решение исходной задачи	0	0	1,7683	20,399	0	0	1,436	0	18,652	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,202	0	0	0	23,55

Анализируя результаты вычислительного эксперимента очевидно, что применение методов агрегирования значительно расширяет список продуктов, входящих в оптимальный набор, а стоимость такого набора хоть и не является оптимальной, но незначительно отличается от минимальной.

В результате такого подхода оказалось возможным не только решить проблему большой размерности, но и получить более качественные в некотором смысле решения. Проведенные программные расчеты на реальном материале позволили проверить логическую убедительность предлагаемого подхода для решения поставленной задачи.

Литература

- 1 Юдин, Д.Б. Линейное программирование. Теория, методы и приложения/Д.Б. Юдин, Е.Г. Гольштейн – М., Наука, 1969. – 424 с.
- 2 Баева, Н.Б. Гиперактивное агрегирование задачи выпуклой оптимизации с линейными ограничениями/Н.Б. Баева, Н.Е. Двинянинова // Материалы Международной конференции «Математика. Образование. Экология. Тендерные проблемы.» Воронеж, 22-27 мая. 2001г. Том 2. – М. Прогресс-Традиция, 2001. – С. 20-28.
- 3 Красова, Н.Е. Нелинейная взвешенная система агрегирования модели оптимизационного межотраслевого баланса/ Н.Е. Красова // Вестник факультета ПММ. Вып. 5. – Воронеж: ВГУ, 2004. – С. 134-139.
- 4 Красова, Н.Е. Реализация симплексного метода средствами Borland Delphi/ Н.Е. Красова, Д.С. Григорьев // Сборник статей II межвузовской студенческой конференции «Наука и образование: прошлое, настоящее и будущее». 2020. Воронеж, РГУПС, 2020. - С. 18-19

УДК 629.7.015.7

ВОЗДУШНОЕ ИСКУССТВО В СОВРЕМЕННОЙ АВИАЦИИ

Потапов А.С., Попова А.С.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация: в статье дана оценка значимости фигур высшего пилотажа в современной авиации. Проведён перерасчет перегрузок при выполнении данных фигур.

Ключевые слова: пилотирование, перегрузки, поперечные перегрузки.

В начале эры воздухоплавания воздушное искусство заключалось в умении выполнять взлет, полет и посадку. Но исторически всегда находятся пионеры, которые доказывают, что возможность выполнять сложные пилотажные фигуры зависит не столько от воздушного судна, сколько от уровня подготовки к пилотированию. Аэробатические фигуры создавались не из-за стремления к красоте полетов, а стремясь к выживанию. Военным летчикам приходилось выполнять сложнейшие маневры для эффективной атаки и защиты в воздушном бою, а в гражданской авиации пилоты показывают воздушное искусство при экстренной посадке судна в неподготовленной местности или в трудных погодных условиях. Так и получается: то, чем сегодня мы любуемся и восхищаемся как произведением воздушного искусства, изначально было сугубо вынужденной мерой.

В современных условиях при высокотехническом развитии авиабазы и сверхзвуковых скоростях воздушный бой и близкий контакт с противником практически невозможен. Но для демонстрации высокого класса летчиков и для проверки летных качеств самолета необходим пилотаж. Выполнение фигур высшего пилотажа стало неотъемлемой, самой зрелищной частью всех авиашоу и обязательной частью чемпионатов. Основные фигуры пилотажа остаются неизменными, являются обязательными для изучения и дальнейшей отработки курсантами и всеми летчиками ВВС, для умения выполнять их требуется высокий уровень летного мастерства и усиленные тренировки [1,2]. Частично фигуры высшего пилотажа:

- петля (петля Нестерова, "Мертвая" Петля);
- бочка;
- кобра Пугачева;
- полупетля (Иммельман);
- переворот (обратный Иммельман);
- колокол;
- штопор.

Из года в год техника воздушного пилотирования совершенствуется и усложняется. Летчики - спортсмены при выполнении фигур высшего пилотажа испытывают сильнейшие перегрузки. Для выяснения реальных перегрузок в течении нескольких лет проводили испытания пилотов на центрифуге с перегрузками реально большими, чем в самолетах. В итоге, при подготовке к летным соревнованиям происходит отбор пилотов не по квалификации, а по физическим данным: в команду выбираются летчики, которые на перегрузках 12g могут реально выполнять пилотирование.

Покажем, как рассчитать поперечную перегрузку, действующую на летательный аппарат (ЛА) и летчика, при выполнении фигуры высшего пилотажа – петли Нестерова. На рисунке 1 представлена схема с указанными силами и координатами, связанными с ЛА [1,2].

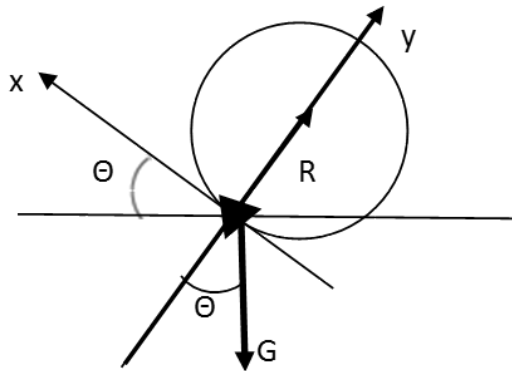


Рисунок 1 – Схема выполнения петли Нестерова

На самолет действует подъемная сила R и сила тяжести G . Для расчетов будем рассматривать проекции сил на ось OY (R_y , G_y). Суммарная сила с учетом угла проекции:

$$R_{\Sigma} = R_y - G \cdot \cos \theta. \quad (1)$$

Данная сила приводит к искривлению траектории полета:

$$R_{\Sigma} = \frac{mv^2}{r}, \quad (2)$$

где m – масса аппарата, V – его скорость, r – радиус кривизны. Приравнивая правые части этих выражений, находим подъемную силу:

$$\frac{mv^2}{r} = R_y - G \cdot \cos \theta, R_y = \frac{mv^2}{r} + G \cdot \cos \theta. \quad (3)$$

Поделив обе части равенства на

$$G = mg_0, \quad (4)$$

где g_0 – ускорение свободного падения, получим выражение для вычисления величины поперечной перегрузки, действующей на ЛА:

$$n_y = \frac{R_y}{G} = \frac{v^2}{rg_0} + \cos \theta. \quad (5)$$

Из последнего равенства расчет перегрузки дает значения от 3 до 6 единиц. Расчеты показывают, что перегрузки при выполнении других фигур могут быть самыми разнообразными (как положительными, так и отрицательными). В таблице 1 название фигур пилотажа и типовые значения перегрузок.

Таблица 1 – Фигуры высшего пилотажа и значения перегрузок

Наименование фигуры	Величина перегрузки, ед.
Виращ	3 – 5
Боевой разворот	3 – 6
Бочка	4 – 5
Петля Нестерова	3 – 6
Полупетля с переворотом	4 – 5
Штопор	2 – 3
Пикирование	6 – 9

Высший пилотаж, как воздушное искусство — это спорт который необходим для корректного управления и развитию навыков пилотирования самолетом. Умение пилотировать ЛА в чрезвычайных ситуациях, во время воздушного боя и на современных гражданских авиалиниях остается востребованным и в современной авиации.

Литература

1. Моисеев, В.С. Динамика полета и управление беспилотными летательными аппаратами: монография. – Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2017. – 416 с. (Серия «Современная прикладная математика и информатика»).
2. Чепурных, И.В. Динамика полетов самолетов: учеб.пособие / И.В. Чепурных – Комсомольск – на – Амуре: ФГБОУ ВПО «КиАГТУ» Б2014. – 112с.

УДК 517.54

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ

Фатеев К.А., Попова А.С.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация: в статье рассматривается история развития беспилотных летательных аппаратов, приведена их классификация.

Ключевые слова: исторические этапы, классификация, беспилотники, дроны.

Появление, как и дальнейшее развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) было исторически определено военно-тактическими задачами. В таких областях, где присутствие человека можно ограничить, с целью сохранения жизнеспособности армии: сбор разведданных, координация военных действий, материальное обеспечение действующих сил и прочее, трудно переоценить возможности БПЛА. В конце XX и начале XXI века использование БПЛА уже в чисто мирных целях никого не удивляет и становится повсеместно. Простота эксплуатации, экономичность беспилотников, относительно невысокая себестоимость, оперативность в использовании – все это определяет широкий интерес к БПЛА. Кратко исторические этапы развития БПЛА [1]:

– 1849 год – начало XX века – становление теоретической базы аэродинамики и теории полетов, первые опыты по созданию БПЛА;

- начало XX века – 1945 год – создание первых военных БПЛА (самолеты-снаряды);
- 1945–1960 годы (период Великой Отечественной войны) – создание БПЛА в основном для сбора разведданных, разработка других классов беспилотников;
- 1960 годы – наши дни – усовершенствование, массовое использование в мирных целях, значительное расширение базы БПЛА.

Классифицировать БПЛА можно в зависимости от целей применения аппаратов и их характеристик: масса БПЛА, дальность полета, конструкция, возможности управления, стоимость и другое.

Классификация беспилотников по взлетной массе всей конструкции и по дальности возможного полета приведена в таблице 1[2].

Таблица 1 – Классификация по радиусу действия БПЛА

Класс БПЛА	Взлетная масса, кг	Дальность действия, км
Ближний радиус действия. <i>Микро- и мини БПЛА</i>	5	от 25 до 40
Малый радиус действия. <i>Легкие БПЛА</i>	от 5 до 50	от 10 до 120
Средний радиус действия. <i>Легкие БПЛА</i>	от 50 до 100	от 70 до 250
<i>Средние БПЛА</i>	от 100 до 300	от 150 до 1000
<i>Среднетяжелые БПЛА</i>	от 300 до 500	от 70 до 300
Средний радиус действия <i>Тяжелые БПЛА</i>	больше 500	от 70 до 300
Большой радиус действия и продолжительное время полета. <i>Тяжелые БПЛА</i>	свыше 500	1500 и более
Беспилотные боевые самолеты (ББС)	500 и более	1500 и более

Микро - и мини - БПЛА ближнего радиуса действия. Эти аппараты могут складываться, очень удобны при транспортировке. У нас данные миниатюрные и сверхлегкие аппараты появились сравнительно недавно. БПЛА ближнего радиуса действия сейчас широко представлены на рынке беспилотников так как просты в использовании и в основном предназначаются для индивидуального использования. На практике они чаще всего используются для аэрофотосъемки. Запускаются с помощью катапульты или с руки. Возможность эксплуатации других классов БПЛА определяется их массой и радиусом действия, а также назначением.

Классификация БПЛА по конструкции связана с тем, что беспилотники могут быть самолетного и вертолетного типа. По разнообразию конструкции существует четыре основных типа беспилотных летательных аппаратов.

Мультироторные – мультикоптерные дроны. Беспилотник с неподвижным крылом. Однороторный дрон – беспилотный вертолет. Гибридные дроны.

Наиболее просты в изготовлении и применении мультироторные дроны. Они поддерживают горизонтальное положение, могут зависать на месте, перемещаться не только в горизонтальной плоскости. Эти БПЛА достаточно дешевы, но имеют ограниченное время полета, небольшую скорость. Беспилотники с неподвижным крылом для полета используют подъемную силу крыла, но не могут зависать над целью, двигаются строго по заданному курсу. У большинства БПЛА этого класса топлива хватает всего на два часа полета. К недостаткам можно отнести то, что им требуется для взлета и посадки специально оборудованная взлетно-посадочная полоса или катапульта.

Однороторные дроны очень похожи по конструкции на настоящие вертолеты. Они гораздо эффективнее многороторных версий, так как имеют большее время полета и могут даже приводиться в действие двигателями внутреннего сгорания. Недостатки: из-за более сложной конструкции имеют высокую стоимость и эксплуатационные затраты; требуется

специальная техническая подготовка для управления; так же опасность представляют большие лопасти винта.

Гибридные дроны сочетают преимущества неподвижного крыла и мультироторных дронов. В последнее время они стали применяться более широко.

Можно классифицировать БПЛА по степени управляемости аппарата человеком, его автономности. Необходимо различать беспилотные и дистанционно-управляемые летательные аппараты (ДПЛА). Дистанционное управление означает, что между человеком-оператором и находящимся в полете ДПЛА обмен информацией происходит непрерывно. В этом случае на оператора не действуют нагрузки, и он может принимать оперативно правильные решения. БПЛА можно разделить по классам на неуправляемые; на дистанционно управляемые и автоматические.

Если остановиться на преимуществах БПЛА в сравнении с пилотируемыми самолетами и вертолетами, то можно выделить несколько основных пунктов [3]:

- для работы с БПЛА не нужен специально оборудованный аэродром, можно создать необходимое количество мобильных беспилотных комплексов;
- нет необходимости в специальной технической квалифицированной подготовке персонала для обслуживания аппаратов;
- достаточно длительный срок возможной эксплуатации БПЛА;
- возможность создания БПЛА малого размера, способных выполнять различные задачи в полевых условиях.

Данные обстоятельства имеют большое значение при эксплуатации БПЛА в удаленных и труднодоступных районах нашей страны. Кроме несомненных преимуществ, современные БПЛА имеют и целый ряд недостатков, что не позволяет полностью заменить традиционную авиацию беспилотниками.

Наиболее перспективные направления развития БПЛА в современной авиации:

- создание комбинированных аппаратов;
- миниатюризация ударных боевых БПЛА;
- создание совместно функционирующих групп дронов для выполнения определенной задачи и самостоятельного принятия решения;
- дозаправка БПЛА в воздухе.

Область применения БПЛА с каждым годом расширяется. Аэрофотосъемка, дистанционное зондирование Земли – наиболее производительный метод сбора пространственной информации, основа для создания топографических планов и карт, трехмерных моделей рельефа и местности. Фотоаппаратура, устанавливаемая на дронах, позволяет получить цифровые изображения местности с разрешением лучше 3 сантиметров на один пиксель. При мониторинге трубопроводов, дорог, линий электропередач, охраняемых зон так же не обойтись без беспилотников. Эти аппараты применяются для обнаружения лесных пожаров, при ликвидации чрезвычайных ситуаций, отслеживании нарушителей ПДД, для проводки судов во льдах. Используют их для съемки спортивных соревнований, рекламных роликов [1].

Литература

1. Павлушенко, М. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития/М. Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко - М., «Права человека», 2005. – 612 с.
2. Цепляева, Т.П. Этапы развития беспилотных летательных аппаратов /Т.П. Цепляева, О.В. Морозова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии.- 2009.- № 42. – С.10-15.
3. Военное обозрение. Авиация.12.2020//Достижения и перспектива отечественных БПЛА. [Электронный ресурс]. Topwar.ru.

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ПЕРЕДОВОГО ОТРЯДА

Парт А.А., Акимов Д.В., Ивлев И.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. В работе рассматривается задача оптимизации выбора маршрута перемещения боевого подразделения, имеющего задачу выйти к указанному рубежу обороны.

Ключевые слова: оптимизация, нелинейное программирование, условный экстремум.

Одной из задач программирования, относящихся к нелинейному типу, является задача выбора оптимального маршрута. Для их решения могут быть использованы различные математические методы. Чаще всего, подобные задачи, решают методом условного экстремума – это весьма эффективный и достаточно простой прием, который подробно рассматривается в курсе математического анализа в высших военных заведениях. Будем рассматривать общую постановку маршрутной задачи.

Моторизированная колонна или единичное транспортное средство перемещается из пункта базирования в пункт назначения, обозначим их условно пункт А и пункт В, соответственно. При перемещении моторизированной колонны возможно использовать различные маршруты, каждый из которых состоит из линейных участков n_i , протяженность участков и скорость движения по ним обозначим l_i , и v_i соответственно. Требуется рассчитать маршрут, на прохождение которого будет затрачено минимальное количество времени. В дальнейшем будем называть такой маршрут оптимальным.

Составим целевую функцию, как сумму временных отрезков, затраченных на прохождение каждого участка l_i :

$$T = \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{v_i}, \quad (1)$$

а необходимость преодоления расстояния от А до В позволяет нам выписать ограничивающую функцию $L = \sum_{i=1}^n l_i$.

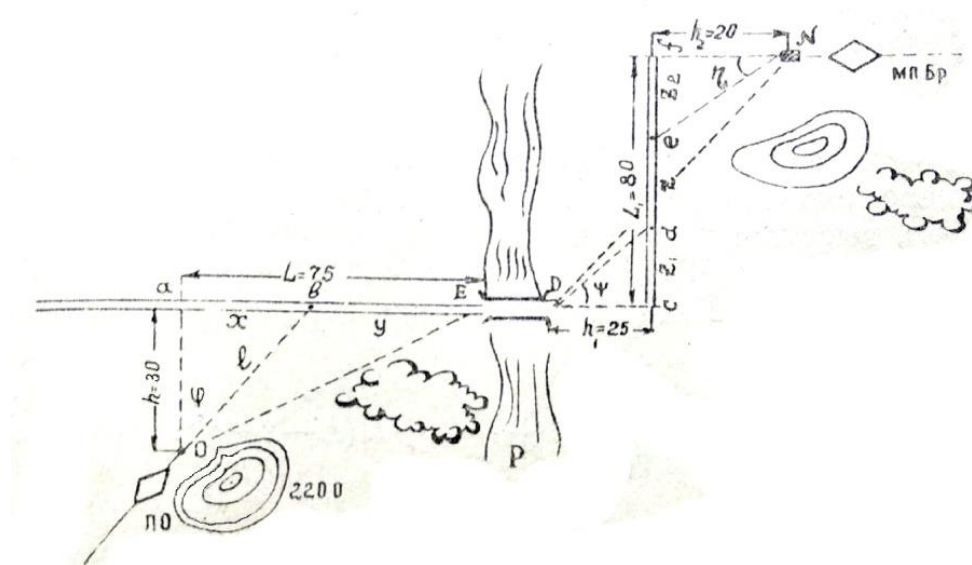


Рисунок 1 – План местности

Дадим более конкретную постановку и решение маршрутной задачи на следующем примере.

Передовой отряд танкового соединения стороны А, действуя в оперативной глубине противника и имея задачу захватить переправу на реке Р, к 10.00 12.06 вышел головой колонны к высоте 220.0. Противник (сторона В) выдвигает к переправе силы до мотопехотной бригады. Голова колонны противника в 9.50 находилась в населенном пункте N. Рельеф местности и территории, занятые противниками показаны на рисунке 1.

Колонны могут двигаться, как по бездорожью, так и по дорогам, скорости, соответственно, $v_1 = 15$ км/ч и $v_2 = 30$ км/ч. Производя расчеты, исследуем возможность передового отряда по упреждению противника в выходе к переправе на реке Р, и дадим предписания командиру отряда для выбора оптимального маршрута от высоты 220.0 до переправы на реке Р.

Проведем оптимизацию маршрута ПО. Оптимизировать маршрут для стороны А равносильно необходимости выбора направления движения φ из точки o в точку b (с точки зрения координатной плоскости это выбор координаты X), при этом суммарное время, требуемое для перемещения отряда до переправы, было бы сведено к минимуму. Опираясь на рисунок, можно видеть, что маршрут состоит из двух линейных участков пути, а следовательно, имеем два временных интервала: время t_1 движения отряда вне дороги на расстояние $l=ob$ и время t_2 движения по дороге на расстояние y . Таким образом, $T = t_1 + t_2$. Но

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{v_1}, \quad t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{y}{v_2}, \quad (2)$$

поэтому

$$T = \frac{\sqrt{h^2 + x^2}}{v_1} + \frac{y}{v_2}. \quad (3)$$

Нелинейная функция T является целевой и зависит от двух переменных, которые связаны друг с другом соотношением $L=x+y$, оно является линейным ограничением для переменных x и y . Применяя метод условного экстремума, найдем решение задачи относительно x и y , а так же, искомые участки оптимального маршрута

$$x_0 = \frac{v_1 h}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}, \quad y_0 = L - \frac{v_1 h}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}, \quad \varphi_0 = \arctg \frac{v_1}{\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}. \quad (4)$$

Получим три варианта маршрута движения, по которым возможно перемещение от точки O до E : $I_A(o, a, E)$, $II_A(0,6, E)$ для оптимального φ_0 и $III_A(o, E)$. Учитывая данные задачи по длине участков и возможным скоростям движения по этим маршрутам, приходим к следующим результатам: $t_{AI}=4,5$ ч; $t_{AII}=4,23$ ч; $t_{AIII}=5,39$ ч.

Проведем аналогичные расчеты для мотопехотной бригады. Составляющие маршрута обозначим прямыми $N, e, d D$. Оптимизация маршрута означает определение координат z_1, z и z_2 , или что то же самое, углов ψ и η .

Имеем пять возможных вариантов маршрута движения от точки N до D : $I_B(N, f, e, d, D)$, $II_B(N, e, d, D)$, $III_B(N, f, c, d)$, $IV_B(N, e, c, d)$, $I_B(N, D)$ и время для каждого маршрута, соответственно: $t_{B1}=5,43$ ч, $t_{B2}=5,23$ ч, $t_{B3}=5,67$ ч, $t_{B4}=5,49$ ч, $t_{B5}=6,12$ ч.

Анализируя полученные данные, заключаем, что упреждающий выход к переправе можно гарантировать при выборе командиром передового отряда любого из двух первых маршрутов.

Рассмотренная задача может быть положена в основу моделирования аналогичных задач военного содержания, которые возникают в ходе боевых действий или боевой учебы.

Литература

1. Ануреев, И. Применение математических методов в военном деле/И. Ануреев, А. Татарченко - М.: Воениздат, 1967. - 243 с.
2. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации/Ф.П. Васильев - М.: Факториал Пресс, 2002. - 823 с.
3. Основы и применение методов прикладной математики в военном деле: учебник / Военно-воздушная академия; под общей редакцией П. И. Иванова. Монино : Изд. ВВА, 1991. - 512 с.

УДК 517.28

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗЕРВНЫХ СИЛ В БОЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Парт А.А., Словеснов Д.А., Ивлев И.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. В работе рассматривается задача оптимизации использования резервных боевых подразделений при получении боевого превосходства.

Ключевые слова: оптимизация, нелинейное программирование, условный экстремум.

Для авиационного подразделения, ведущего воздушный бой с превосходящим противником, ввод резервных самолетов является едва ли не единственным способом завоевания боевого превосходства и достижения победы, но для группировки сухопутных войск стратегия резерва не является единственно возможной. Достижение требуемого превосходства в силах может быть реализовано и другими способами, а именно: чистой стратегией авиационного удара и смешанной стратегией резерва и удара.

Применение стратегии резерва связано с увеличением численности группировки своих войск, в предположении неизменности численности группировки противника. Как правило, она требует большого ресурса сил, которые в условиях современной войны трудно сосредоточить и выдвинуть в заданный район в абсолютной скрытности. Использование стратегии авиационного удара приводит к ослаблению исходной группировки противника на величину ущерба, наносимого группой ударных самолетов, при сохранении исходной численности сухопутной группировки своих войск.

Современная ударная авиация обладает мощным поражающим потенциалом, способным наносить ущерб, приводящий к заметному ослаблению боевой способности объекта удара. Совместное применение стратегии резерва и стратегии авиационного удара образует комбинированную стратегию достижения требуемого превосходства в силах. Реализация комбинированной стратегии сопровождается разрешением ряда частных задач, важнейшей из которых является задача научного обоснования ресурса резервных сил n_A и ресурса ударной авиации $n_{y.a.}$.

Боевая техника, находящаяся на вооружении современных армий, является сложным и дорогостоящим оружием. На этом фоне особенно актуальной становится задача на завоевание превосходства не вообще, не любой ценой, а на основе минимальных затрат своего боевого ресурса. Оптимизация ресурса сил в математическом смысле сводится к постановке и решению задачи на минимизацию линейной функции $N_A = n_A + n_{y.a.}$, выражающей суммарный ресурс, необходимый для изменения соотношения сил с некоторой начальной величины $K_{нач}$ до некоторого требуемого значения $K_{тр} > K_{нач}$. Нетрудно видеть, что требуемый коэффициент боевого превосходства при смешанной стратегии его достижения определяется выражением

$$K_{mp} = \frac{m_B(\tau_1) + n_A}{m_B(\tau_1) - \Delta m_B} \gamma, \quad (1)$$

где $m_A(\tau_1)$ и $m_B(\tau_1)$ – сохранившиеся численности группировок на момент τ_1 , выбранный стороной А для изменения боевого превосходства в свою пользу; n_A и Δm_B – потребные величины резерва и ущерба для скачкообразного изменения коэффициента боевого превосходства с

$$K = K_{нач} = \frac{m_A(\tau_1)}{m_B(\tau_1)} \gamma \quad \text{до} \quad K = K_{mp} = \frac{m_A(\tau_1) + n_A}{m_B(\tau_1) - \Delta m_B} \gamma, \quad (2)$$

где γ – радикал качественного превосходства оружия.

Используя метод условного экстремума для функциональной зависимости, связывающей коэффициент боевого превосходства с величиной резерва n_A и нарядом самолетов $n_{y.a.}$, найдем требуемые коэффициенты:

$$n_A = m_B(\tau_1) \left(\frac{1}{p_{ПВ} \omega_A} - \frac{K_{нач}}{\gamma} \right); \quad n_{y.a.} = \frac{m_B(\tau_1)}{p_{ПВ} \omega_A} \ln \frac{K_{mp} p_{ПВ} \omega_A}{\gamma}, \quad (3)$$

где $p_{ПВ}$ – вероятность преодоления ПВО наземных объектов удара, а ω_A – поражающий потенциал ударного самолета.

Формулы (3) дают ответ не только на поставленный вопрос, но и формулируют рекомендации относительно того, какую из трех стратегий в данных условиях целесообразно применять.

Чем больше K_{mp} , тем больше потребный наряд ударных самолетов и меньше потребный состав резерва. Нарращивание коэффициента боевого превосходства имеет место, как правило, в наступательном бою (сражении). В наступательном бою стороны А группировка противника более чувствительна на авиационный удар. Из этого следует, что в наступательном бою наращивание боевого превосходства целесообразно осуществлять в основном за счет использования последовательности авиационных ударов, соединенных с ударами огневых средств поражения сухопутных войск.

Литература

1. Основы и применение методов прикладной математики в военном деле: учебник / Военно-воздушная академия; под общей редакцией П. И. Иванова. Монино : Изд. ВВА, 1991. - 512 с.
2. Ануреев, И. Применение математических методов в военном деле/И. Ануреев, А. Татарченко - М.: Воениздат, 1967. - 243 с.
3. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации/Ф.П. Васильев - М.: Факториал Пресс, 2002. - 823 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИТУАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Кузнецова Л. Д., Тананыхин Д.А., Хованов П.К.

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия»

(г. Воронеж)

Аннотация: В данной статье на основе теории системного анализа и синтеза организационного управления производится ситуационное моделирование в рамках операционного подхода с выделением функции организационного подхода.

Ключевые слова: моделирование, системный анализ, организационное управление, иерархическая структура.

Ситуационное моделирование в рамках операционного подхода (операционно-ситуационное моделирование) направлено на выявление функций управления организацией, их анализ и формулирование методов и алгоритмов описания функциональных ситуаций (конкретных функциональных задач в рамках процессов функционирования организации).

В большинстве случаев концепция принятия управленческих решений также связана с процессом планирования. Управленческое решение - творческое, волевое действие субъекта управления, основанное на знании объективных закономерностей функционирования системы и анализе информации о ее функционировании, заключающееся в выборе цели, программы и методов для команды по разработке проблемы. или изменить цель. Порядок принятия управленческих решений составляет основу процесса управления [1].

Данная модель, с одной стороны, определяет необходимые и достаточные этапы (факторы) моделирования организационного управления для определенной функциональной задачи, позволяя определить: функциональное назначение (ФН); состав функциональных операций (ФО) или процедур, необходимых для полного решения проблемы; состав организационных структур (Ст), задействованных в реализации управленческой задачи; необходимые ресурсы (Р) для этой задачи; факторы мотивации (М) как управленческой, так и функциональной деятельности субъектов системы; элементы оперативного контроля (ОУ) функционирования системы. С другой стороны, эта модель отражает функциональные и структурные компоненты системы информационного обеспечения. Таким образом, операционный подход позволил выделить значимые, на наш взгляд, функции управления (ФР, Ст, ФО, Р, М, ОУ) и определить возможности ситуационного моделирования управления организацией.

Отдельные управленческие функции ФН и Ст по своей сути являются целеполагание и декомпозиция функциональных задач для разных уровней (рангов) иерархической структуры организационной системы.

В иерархической системе особо специализированного назначения с жесткой централизацией сама система целей является иерархической в силу того, что общая (стратегическая) цель функционирования достигается только путем реализации иерархического набора частных функциональных задач различного ранга [2]. Следовательно, граф целей идентичен графу функциональных задач, где вершинам назначены функциональные задачи и цели разного ранга, а дуги - отношения между этими задачами и, соответственно, их цели, т.е.

$$G = (X, R), \quad (1)$$

где $X = \{X^v\}$, $v = \overline{1, m}$ - кортеж, состоящий из множеств функциональных задач (соответственно целей) различных рангов графа G ;

$R = \{r_{\mathcal{G}^v}^v\}$, при $0 \leq v \leq m-1, 0 \leq \mathcal{G} \leq \mathcal{G}_v^M, 1 \leq v \leq \mathcal{G}_{v+1}^M$ - множество дуг графа;
 m – номер младшего ранга графа; D – номер текущего ранга;
 $\mathcal{G}$ - номер вершины v -го ранга из которой выходит соответствующая дуга;
 v – номер вершины $(v+1)$ -го ранга в который входит соответствующая дуга;
 $\mathcal{G}^M$ – максимальный номер вершины заданного ранга.

Отметим еще одно очень важное свойство организационных иерархических систем: иерархический граф целей и задач должен совпадать с графом организационной системы. Иначе будут задачи, которые решать некому, и структурным подразделениям (или чиновникам), которым нечего делать. Это особенно важно для рассматриваемых нами специализированных систем, работающих в условиях жесткой централизации [1].

Такое описание управляющих функций ФН и Ст в виде иерархического графа хорошо согласуется с теоретико-множественным представлением и моделями, предложенными в предыдущем абзаце. Например, если в качестве набора вершин использовать набор функциональных задач Z , то граф будет иметь вид

$$G = (Z, R), \quad (2)$$

$$\text{где } Z = \{Z^v\} = \{d_i^I, d_p^II, y_j, s_l\}, \forall i, p, j, l, \quad (3)$$

а множество дуг $R = \{r_{jv}^v\}$, при $0 \leq v \leq m-1, 0 \leq j \leq J_v^M, 1 \leq v \leq J_{v+1}^M$ определяют функциональные связи между целями, задачами, структурными компонентами.

В интересах рассмотрения следующей функции управления - выбора и распределения ресурсов, необходимых для решения функциональных задач, достаточно описать взаимодействие органов управления и иерархическую структуру для трех гипотетических уровней. Рассмотрим обобщенную модель такого взаимодействия для исследуемых систем, основанную на подходах, предложенных в [1].

Каждый верхний уровень можно рассматривать как совокупность управляющих систем для всей совокупности нижних уровней, рассматриваемых как объекты управления. Тогда выделив некий орган управления O_l^k , можно формально записать выражение для вектора Φ критериев выбора модели стратегии управления $u_{[t_0, t_1]}$, обеспечивающее оптимальное (смысл оптимальности будет определен позднее) функционирование системы.

$$\Phi \left(x_{l[t_0, t_1]}^k, u_{l[t_0, t_1]}^k, \omega_{l[t_0, t_1]}^k \right) \xrightarrow{u \in U(u)} \text{Opt}, \quad (4)$$

где $x_l^k(t) = F_l^k(x_l^k(t_0), u_{l[t_0, t]}^k, \omega_{l[t_0, t]}^k)$ при $x_l^k(t_0) \in K_l^K(t_0); x_l^{e,k}(t_1) \in K_l^K(t_1^k); t \in [t_0, t_1^k]$;

Opt – процедура векторной оптимизации;

$F(\bullet)$ - некоторый неформальный оператор, связывающий состояние системы x со стратегией управления и воздействием среды;

$x_l^k(t_0)$ - начальное состояние объекта управления, принадлежащее некоторой области состояний $K_l^K(t_0)$;

$x_l^{e,k}(t_1^k)$ - заданное вышестоящим органом управления O_l^{k+1} состояние того же объекта управления в конце интервала планирования $[t_0, t_1^k]$ из области состояний $K_l^K(t_1^k)$;

$u[t_0, t_1]$ - модель стратегии управления, которая в данном случае требуется как выбор и распределение ресурсов в процессе функционирования, причем $u[t_0, t_1] \in U(u)$;

$\omega[t_0, t_1]$ - воздействие внешней среды, способное вызвать изменение состояния x системы и принадлежащее некоторому конечному множеству $\Omega(\omega)$.

Векторный критерий $\Phi = \{\varphi_i\}$ представляет собой совокупность показателей φ_i (как правило, неформальных), характеризующих достижение целей функционирования системы.

Поэтому запись (4) означает процесс принятия решения по выбору модели оптимальной стратегии управления оптимальной с точки зрения лица, принимающего решение (ЛПР) [2].

Результатом такой оптимизации будет являться некоторый заданный план $\pi^e(t)$ функционирования иерархической системы, который имеет вид:

$$\pi_{[t_0, t_1^{m+1}]}^e = \bigcup_{l,k} (x_{l,[t_0, t_1^k]}^{e,k}, u_{l,[t_0, t_1^k]}^{e,k}, z_{hl}^k), \quad (5)$$

где $\bigcup$ – знак операции, которая означает объединение, согласование и агрегирование планов всех органов управления на всех уровнях системы; $z_{hl}^k = \{z_{hl}^k\}$ – трактуется как множество показателей (в том числе нормативные требования вышестоящего органа управления) плана.

Для $(k-1)$ уровня рассматриваемой системы можно записать задание, которое получает 1-ый орган управления O_{μ}^{k-1} от вышестоящего органа k -го уровня O_l^k для разработки собственного плана функционирования $\pi_{\mu,[t_0, t_1^k]}^{k-1}$ в следующем виде

$$\pi_{\mu}^{k-1} = (x_{\mu}^{e,k-1}(t_1^k), u_{\mu}^{e,k-1}(t_0), z_{h\mu}^k) \quad (6)$$

причем

$$x_1^{e,k}(t_1^k) = \bigcup_{\mu=1}^{t_{i,k-1}} x_1^{e,k}(t_1^k), u_1^{e,k} = \bigcup_{\mu=1}^{t_{i,k-1}} u_1^{e,k-1}(t_0).$$

Отсюда согласно каждый нижестоящий орган управления, получая задание, выбором модели стратегии распределения ресурсов (в том числе функциональных) $u_{\mu,[t_0, t_1^k]}^{k-1}$ оптимизирует свой план и свое управление.

Следующая функция управления – мотивация (М) функциональной активности субъектов иерархической организационной структуры. По сути, эту функцию следует рассматривать не столько как этап проектирования автоматизации управления, сколько как фактор, который необходимо учитывать в моделях организационных систем.

В организационной системе просто необходимо учитывать наличие собственных (в том числе личных) целей и интересов субъектов управления на разных уровнях иерархии. Недостатки фактора мотивации могут привести к искажениям информации об объекте управления, которые в формализованном представлении процесса управления называются внутренними помехами.

Источником таких помех могут быть субъекты управления различных уровней системы. Для более высоких уровней такие помехи вызваны тем, что некоторые руководители хотят видеть только то, что не доставляет им больших хлопот. Тогда наблюдаемое состояние объекта управления можно представить в виде

$$\tilde{x}(t) = L(x_{[t_0, t]}, \omega_{[t_0, t]}^0) \quad (7)$$

где $L(\bullet)$ – неформальный оператор (некоторый алгоритм или т.п.), формирующий текущее представление об объекте управления; $x(t)$ – идеальное текущее состояние объекта управления; $\omega^0(t)$ – внутренние помехи.

В интересах формирования необходимой мотивационной среды деятельности всех субъектов управления, целесообразно использовать стимулирование этой деятельности. При этом в выражении появится еще один компонент – стимул $s^0(t)$, который призван компенсировать влияние помех:

$$\tilde{x}(t) = L(x_{[t_0, t]}, \omega_{[t_0, t]}^0, s_{[t_0, t]}^0) \quad (8)$$

Моделирование этапа организационного управления, связанного с операционным менеджментом (ОУ), представляет наибольший интерес именно в аспекте ситуационного моделирования. Оставаясь в рамках идеи о том, что централизованная организационная система специализированного назначения состоит из управляющей и управляемой

подсистем, мы полагаем, что модель контура управления функциональными операциями в определенной степени аналогична контуру управления техническими объектами.

Формальное представление модели оперативного управления имеет вид:

$$\begin{aligned} \Phi(x_{[t_0, t]}^e, \tilde{x}_{[t_0, t]}, u_{[t_0, t]}, \omega_{[t_0, t]}) &\xrightarrow{u \in U(u)} \text{Opt}, \\ U(u) : u(t) &= Q(x_{[t_0, t]}^e, \tilde{x}_{[t_0, t]}, \omega_{[t_0, t]}, t); \\ x(t) &= F(x^0, t, u_{[t_0, t]}, \omega_{[t_0, t]}); \\ \tilde{x}(t) &= L(x_{[t_0, t]}, \omega_{[t_0, t]}^0, s_{[t_0, t]}^0); \\ \omega(t) &= N(\omega_{[t_0, t]}, \omega_{[t_0, t]}^*, x^0, x^e \hat{I} R[x]; t \hat{I} [t_0, t_1], \end{aligned} \quad (9)$$

где $\Phi = \{\varphi_i\}$ – совокупность функционалов, описывающих поведение системы;

F, L, N – неформальные операторы (алгоритмы), формирующие представление об объекте управления (требуемое и текущее), а также о среде;

Q – неформальный оператор (алгоритм), определяющий выбор модели стратегии организационного управления $u(t)$ для компенсации помех; Opt – оператор реализации векторной процедуры оптимизации. Заметим, что для работы модели план π_i^k объекту O_i^k представляется согласно (6), а формирование функциональных операций и процедур – как модели оптимальной стратегии организационного управления (перераспределение функциональных ресурсов), происходит с учетом информации $\bar{\omega}_i^k(t)$, поступающей от соседнего на том же уровне управления органа O_i^k при ($i \neq l$):

$$\pi_1^k = (x_1^{e,k}(t_1^{k+1}), u_1^{e,k}(t_0), z_{hl}^{k+1}); \quad (10)$$

$$u_1^k(t) = Q_1^k(x_{l[t_0, t]}^{t,k}, \tilde{x}_{l[t_0, t]}^k, \omega_{l[t_0, t]}^k, \bigcup_{i=1}^{l,k} \bar{\omega}_i^k[t_0, t]) \quad (11)$$

где U – символ объединения (агрегирования) горизонтальных связей в пределах k -го уровня иерархии.

Решение в данном случае будет являться оптимальным с точки зрения ЛПР, т.к. именно этим решением осуществляется оптимизация функционала $\Phi(\bullet)$ в (9).

Таким образом, формализованное описание функций организационного управления в иерархических структурах с жесткой централизацией и структурной специализацией позволило:

- раскрыть сущность моделей соответствующих функций управления;
- выявить функционалы, представляющие интерес для последующего моделирования ($F(\bullet), L(\bullet), Q(\bullet), N(\bullet), \Phi(\bullet)$);
- определить формы представления моделей (такие как графы, структурно-функциональные и алгоритмические модели).

Литература

1. Поспелов, Г.С. Программно-целевое планирование и управление. (Введение)/ Г.С. Поспелов, В.А. Ириков. – М.: Сов. радио, 1976. – 440 с.
2. Белкин, А.Р. Принятие решений: комбинаторные модели аппроксимации информации/ А.Р. Белкин, М.Ш. Левин. – М.: Наука, 1990. – 160 с.

П-ДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫЕ МНОГОЗНАЧНЫЕ ОТОБРАЖЕНИЯ

Строганова Д.А.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация: Рассматриваются различные множества и дифференцируемость m -отображений через определение π -дифференцируемости. Приводится доказательство π -дифференцируемости для различных отображений, а также свойства π -дифференцируемых m -отображений.

Ключевые слова: дифференцируемость, многозначное отображение, векторное пространство, π -дифференцируемость.

Дифференцируемость многозначных отображений.

Определение 1. Пусть X, Y – произвольные множества; многозначное отображение $F: X \rightarrow Y$ – это такое соответствие, которое сопоставляет каждой точке $x \in X$ непустое множество $F(x) \subset Y$, называемое образом точки x .

Одним из наиболее естественных определений дифференцируемости m -отображений является определение π -дифференцируемости.

Определение 2. Пусть E – топологическое векторное пространство, тогда множество является полулинейным пространством.

Рассмотрим

$$Kv^2(E) = Kv(E) \times Kv(E), \quad E^\wedge = [Kv^2(E)].$$

Введем в этом множестве отношение эквивалентности по следующему правилу:

$$(A, B) \sim (C, D), \text{ если } A + D = B + C.$$

Класс эквивалентности элемента (A, B) обозначим $\langle A, B \rangle$. Введем в $E^\wedge$ линейные операции по следующему правилу:

$$\langle A, B \rangle + \langle C, D \rangle = \langle A + C, B + D \rangle;$$

$$\alpha \langle A, B \rangle = \begin{cases} \langle \alpha A, \alpha B \rangle, & \alpha \geq 0; \\ \langle |\alpha| B, |\alpha| A \rangle, & \alpha < 0. \end{cases}$$

Легко проверить, что множество $E^\wedge$ с так определенными операциями является векторным пространством.

Пусть $\pi: Kv(E) \rightarrow E^\wedge$ – отображение, определённое условием:

$$\pi(A) = \langle A, \theta \rangle, A \in Kv(E),$$

где θ – нуль пространства E . Очевидно, что это отображение является полулинейным, то есть

$$\pi(\alpha A + \beta B) = \alpha \pi(A) + \beta \pi(B), \alpha, \beta \geq 0.$$

Доказательство:

$$\begin{aligned} \pi(\alpha A + \beta B) &= \langle \alpha A + \beta B, 0 \rangle = \langle \alpha A, 0 \rangle + \langle \beta B, 0 \rangle = \\ &= \alpha \langle A, 0 \rangle + \beta \langle B, 0 \rangle = \alpha \pi(A) + \beta \pi(B), \end{aligned}$$

т.е. $\pi(\alpha A + \beta B) = \alpha \pi(A) + \beta \pi(B)$, ■.

Если E – нормированное пространство, то в $Kv(E)$ определена метрика Хаусдорфа h , которая порождает в $E^\wedge$ норму по следующему правилу:

$$\|\langle A, B \rangle\| = h(A, B).$$

Тогда

$$\|\langle A, B \rangle - \langle C, D \rangle\| = h(A + D, B + C).$$

Нетрудно видеть, что отображение π является изометрией. Отображение π называется изометрией, если для любых $(x_1, x_2 \in X)$ расстояние $\rho_X(x_1, x_2) = \rho_Y(\pi(x_1), \pi(x_2))$.

То есть $h(A, B) = \|\pi(A) - \pi(B)\|$ для любых $A, B \in Kv(E)$.

Так как

$$h(A, B) = \|\langle A, B \rangle\| = \|\langle A, \theta \rangle + \langle \theta, B \rangle\| = \|\langle A, \theta \rangle - \langle B, \theta \rangle\| = \|\pi(A) - \pi(B)\|.$$

Пусть L, E – линейные нормированные пространства, U – открытое подмножество в L , $F: U \rightarrow Kv(E)$ – м-отображение.

Определение 3. Композиция двух отображений определена тогда и только тогда, когда область значений первого отображения совпадает с областью отображения второго.

Определение 4. М-отображение F называется π -дифференцируемым в точке $x_0 \in U$, если отображение $\pi \circ F: U \rightarrow E^\wedge$ дифференцируемо в этой точке. Если м-отображение F π -дифференцируемо в каждой $x \in U$, то F называется π -дифференцируемым на U .

Таким образом, F π -дифференцируемо в точке $x_0 \in U$, если существует непрерывное линейное отображение $dF_{x_0}: L \rightarrow E$ такое, что

$$\pi \circ F(x) - \pi \circ F(x_0) - dF_{x_0}(x - x_0) = o(\|x - x_0\|).$$

Свойства π -дифференцируемых м-отображений.

1. Если м-отображение F π -дифференцируемо в точке $x_0 \in U$, то F непрерывно в этой точке.

Доказательство:

$(F - \pi\text{-дифференцируемо в точке } x_0 \in U) \leftrightarrow$

$$\leftrightarrow (\pi(F(x)) - \pi(F(x_0))) = \langle F(x), F(x_0) \rangle = dF_{x_0}(x - x_0) + o(\|x - x_0\|) \cap$$

$$\left(\lim_{x \rightarrow x_0} (x - x_0) = 0 \right) \rightarrow \left(\lim_{x \rightarrow x_0} \langle F(x), F(x_0) \rangle = 0 \right) \rightarrow F(x) \text{ непрерывна в точке } x_0.$$

2. Если F π -дифференцируемо в точке x_0 , то дифференциал dF_{x_0} определён единственным образом.

Доказательство:

$$\begin{aligned} \langle F(x), F(x_0) \rangle &= \begin{cases} F'_1(x_0)(x - x_0) + o_1(\|x - x_0\|) \\ F'_2(x_0)(x - x_0) + o_2(\|x - x_0\|) \end{cases} \Rightarrow \\ \Rightarrow (F'_1(x_0) - F'_2(x_0))(x - x_0) &= (o_1(\|x - x_0\|) - o_2(\|x - x_0\|)) \rightarrow 0. \end{aligned}$$

Пусть $(x - x_0) = t(x_1 - x_0)$, тогда

$$\begin{aligned} (F'_1(x_0) - F'_2(x_0))(x - x_0) &= (F'_1(x_0) - F'_2(x_0))t(x_1 - x_0) \xrightarrow{t \rightarrow 0} 0 \\ \Rightarrow \left\{ \begin{aligned} &|(F'_1(x_0) - F'_2(x_0))(x - x_0)| < \varepsilon \\ &|(F'_1(x_0) - F'_2(x_0))t(x_1 - x_0)| < \varepsilon \end{aligned} \right. \Rightarrow \\ \Rightarrow F'_1(x_0) - F'_2(x_0) &\equiv 0 \Rightarrow F'_1(x_0) = F'_2(x_0), \blacksquare. \end{aligned}$$

Рассмотрим некоторые примеры дифференцируемых отображений.

Пусть $r: U \rightarrow E$ – дифференцируемое отображение, $A \in Kv(E)$, тогда м-отображение $F(x) = r(x) + A$ – π -дифференцируемое м-отображение, причём

$$dF_{x_0}(\Delta x) = \langle r'_0(x_0)\Delta x, \theta \rangle$$

Пусть $g: U \rightarrow R$ – знакоопределенная гладкая функция (то есть $g(x) \geq 0$ или $g(x) \leq 0$ для любого $x \in U$), $A \in Kv(E)$, тогда м-отображение $F(x) = g(x)A$ π -дифференцируемо, причём

$$dF_{x_0}(\Delta x) = g'_{x_0}(\Delta x) \langle A, \theta \rangle.$$

Литература

1. Треногин, В.А. «Функциональный анализ»/В.А. Треногин — М.: Издательский центр «Академия», 2012 – 240 с.
2. Борисович, Ю.Г. «Мнозначные отображения»/Ю.Г. Борисович, Б.Д. Гельман. -М., 1982. -С. 127 – 230.

УДК 517.9

ЛОКАЛЬНАЯ ТЕОРЕМА КАРИСТИ

Борисова Е.В.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Аннотация: Приводится теорема Каристи и ее доказательство. Рассматриваются различные варианты локальной теоремы Каристи, приводятся их доказательства.

Ключевые слова: метрическое пространство, фундаментальная последовательность, непрерывное отображение, неподвижная точка, сходящаяся последовательность, теорема Каристи, итерационная последовательность.

Метрическим пространством называется пара (X, ρ) , состоящая из некоторого множества X элементов (точек) и неотрицательной функции $\rho(x, y)$, определенной для любой пары точек x и y из X и удовлетворяющей следующим трем аксиомам:

- 1) $\rho(x, y) = 0$ тогда и только тогда, когда $x = y$;
- 2) $\rho(x, y) = \rho(y, x)$ (аксиома симметрии);
- 3) $\rho(x, z) \leq \rho(x, y) + \rho(y, z)$ (аксиома треугольника).

Открытым шаром (открытой окрестностью) в метрическом пространстве X называется множество

$$U_r(x_0) = \{x \in X \mid \rho(x, x_0) < r\}, \quad (1)$$

здесь точка x_0 – центр шара, а число r – его радиус.

Аналогично, замкнутым шаром $B_r[x_0]$ в метрическом пространстве X называется множество точек

$$B_r[x_0] = \{x \in X \mid \rho(x, x_0) \leq r\}. \quad (2)$$

Пусть $\{x_n\}$ – последовательность точек в метрическом пространстве X . Говорят, что эта последовательность сходится к точке x^* , если каждая окрестность $U_r(x^*)$ содержит все точки этой последовательности, начиная с некоторого номера n_0 , т.е. если для любого $\varepsilon > 0$ найдется такое натуральное число n_0 , что $\rho(x_n, x^*) < \varepsilon$ для любого номера $n > n_0$. Точка x^* , называется пределом последовательности $\{x_n\}$.

Фундаментальной последовательностью (последовательностью Коши) называется последовательность $\{x_n\}$, удовлетворяющая следующему условию: для любого $\varepsilon > 0$ существует такой номер n_0 , что для всех $n, m > n_0$, выполняется неравенство $\rho(x_n, x_m) < \varepsilon$. Любая сходящаяся последовательность фундаментальна. Метрическое пространство, в котором верно и обратное утверждение, называется полным.

Пусть (X, ρ_X) и (Y, ρ_Y) метрические пространства, $f: X \rightarrow Y$ некоторое отображение. Будем говорить, что отображение f непрерывно в точке $x \in X$, если для любого числа $\varepsilon > 0$ найдется $\delta > 0$ (зависящее от $\varepsilon > 0$ и точки x) такое, что если $\rho_X(x, \tilde{x}) < \delta$, то $\rho_Y(f(x), f(\tilde{x})) < \varepsilon$. Отображение f называется непрерывным, если оно непрерывно в каждой точке $x \in X$.

Теорема Каристи. Пусть X – полное метрическое пространство, $f: X \rightarrow X$ – непрерывное отображение.

Теорема 1. Если существуют ограниченная снизу числовая функция $\alpha: X \rightarrow \mathbf{R}$ и число $c > 0$ такие, что для любой точки $x \in X$ справедливо неравенство:

$$\alpha(f(x)) + c\rho(x, f(x)) \leq \alpha(x), \quad (3)$$

то отображение f имеет, неподвижную точку.

Доказательство. Пусть x_0 – произвольная точка из пространства X . Рассмотрим итерационную последовательность $\{y_n\}_{n=0}^{\infty}$, где $y_0 = x_0$, а $y_n = f(y_{n-1})$. Докажем, что эта последовательность является сходящейся.

Обозначим $a_n = \alpha(y_n)$. Тогда в силу условий теоремы имеем следующие неравенства:

$$a_n + c\rho(y_{n-1}, y_n) \leq a_{n-1} \text{ для любого } n = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

то есть

$$a_{n-1} - a_n \geq c\rho(y_{n-1}, y_n) \geq 0. \quad (5)$$

Таким образом, последовательность $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$ монотонно убывает и в силу условий теоремы ограничена снизу. Тогда она является сходящейся и, следовательно, фундаментальной.

Оценим теперь расстояние между точками y_n и y_{n+p} . Имеем:

$$\rho(y_n, y_{n+p}) \leq \sum_{i=1}^p \rho(y_{n+i-1}, y_{n+i}) \leq \sum_{i=1}^p \frac{a_{n+i-1} - a_{n+i}}{c} \leq \frac{a_n - a_{n+p}}{c}. \quad (6)$$

Теперь фундаментальность последовательности $\{y_n\}_{n=1}^{\infty}$ вытекает из фундаментальности последовательности $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$.

Так как пространство X полно, то существует точка y^* , которая является пределом последовательности $\{y_n\}_{n=0}^{\infty}$. Покажем, что y^* , является неподвижной точкой отображения f . В силу непрерывности отображения f имеем:

$$y^* = \lim_{n \rightarrow \infty} y_n = \lim_{n \rightarrow \infty} f(y_{n-1}) = f\left(\lim_{n \rightarrow \infty} y_{n-1}\right) = f(y^*). \quad (7)$$

Теорема доказана.

Локальная теорема Каристи. Пусть $\alpha: X \rightarrow \mathbf{R}$ – некоторая ограниченная снизу функция и $\gamma = \inf_{x \in X} \alpha(x)$. $B_R[x_0]$ – замкнутый шар радиуса R с центром в точке x_0 .

Теорема 2. Пусть X – полное метрическое пространство и $f: B_R[x_0] \rightarrow X$ – некоторое непрерывное отображение, удовлетворяющее условию: для любой точки $x \in B_R[x_0]$ выполняется неравенство:

$$\alpha(f(x)) + c\rho(x, f(x)) \leq \alpha(x), \quad (8)$$

где $c > 0$ и $\alpha(x_0) < Rc + \gamma$. Тогда отображение f имеет неподвижную точку.

Доказательство. Рассмотрим итерационную последовательность:

$$x_1 = f(x_0), x_2 = f(x_1), \dots, x_n = f(x_{n-1}). \quad (9)$$

Проверим, что точки $x_n \in B_R[x_0]$.

$$\rho(x_0, f(x_0)) = \rho(x_0, x_1) \leq \frac{1}{c}(\alpha(x_0) - \alpha(x_1)) \leq \frac{1}{c}Rc = R. \quad (10)$$

Получаем, что точка $x_1 \in B_R[x_0]$.

Пусть точки $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n \in B_R[x_0]$:

$$\begin{aligned}
\rho(x_0, x_n) &\leq \rho(x_0, x_1) + \rho(x_1, x_2) + \rho(x_2, x_3) + \dots + \rho(x_{n-1}, x_n) = \\
&= \rho(x_0, f(x_0)) + \rho(x_1, f(x_1)) + \rho(x_2, f(x_2)) + \dots + \rho(x_{n-1}, f(x_{n-1})) \leq \\
&\leq \frac{1}{c} ((\alpha(x_0) - \alpha(f(x_0))) + (\alpha(x_1) - \alpha(f(x_1))) + \dots + (\alpha(x_{n-1}) - \alpha(f(x_{n-1})))) \leq (11) \\
&\leq \frac{1}{c} (\alpha(x_0) - \alpha(f(x_{n-1}))) \leq \frac{1}{c} Rc = R
\end{aligned}$$

Нетрудно показать, что последовательность $\{x_n\}$ является фундаментальной. Тогда она сходится, так как X – полное метрическое пространство. Следовательно, отображение f имеет неподвижную точку.

Также можно рассмотреть другую версию теоремы Каристи.

Теорема 3. Если существуют ограниченная снизу числовая функция $\alpha: X \rightarrow \mathbf{R}$, $\gamma = \inf_{x \in X} \alpha(x)$ и непрерывная функция $c: [\gamma, \infty] \times [\gamma, \infty] \rightarrow (0, \infty)$ такие, что для любой

точки $x \in X$ справедливо неравенство

$$\alpha(f(x)) + c(\alpha(x), \alpha(f(x)))\rho(x, f(x)) \leq \alpha(x), \quad (12)$$

то отображение f имеет неподвижную точку.

Доказательство. Пусть x_0 – произвольная точка из пространства X . Рассмотрим итерационную последовательность $\{y_n\}_{n=0}^{\infty}$, где $y_0 = x_0$, а $y_n = f(y_{n-1})$.

Докажем, что эта последовательность является сходящейся.

Обозначим $a_n = \alpha(y_n)$. Тогда в силу условий теоремы имеем следующие неравенства:

$$a_n + c(y_{n-1}, y_n)\rho(y_{n-1}, y_n) \leq a_{n-1} \text{ для любого } n = 1, 2, \dots, \quad (13)$$

и так как $c: [\gamma, \infty] \times [\gamma, \infty] \rightarrow (0, \infty)$:

$$a_{n-1} - a_n \geq c(y_{n-1}, y_n)\rho(y_{n-1}, y_n) \geq 0. \quad (14)$$

Тогда справедливо следующее выражение:

$$a_n < a_{n-1} < \dots < a_1 < a_0. \quad (15)$$

Таким образом, последовательность $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$ монотонно убывает и в силу условий теоремы ограничена снизу. Тогда она является сходящейся и, следовательно, фундаментальной. И так как $a_0 = \alpha(x_0)$ и справедливо (15), а функция c в неравенстве (12) зависит от $\alpha(x)$ и $\alpha(f(x))$, то $c: [\gamma, a_0] \times [\gamma, a_0] \rightarrow (0, \infty)$ и существует $\min_{x \in X} c(\alpha(x), \alpha(f(x)))$ в

силу теоремы Вейерштрасса, так как по условию теоремы c – непрерывна.

Оценим теперь расстояние между точками y_n и y_{n+p} . Имеем:

$$\begin{aligned}
\rho(y_n, y_{n+p}) &\leq \sum_{i=1}^p \rho(y_{n+i-1}, y_{n+i}) \leq \sum_{i=1}^p \frac{a_{n+i-1} - a_{n+i}}{c(a_{n+i-1}, a_{n+i})} \leq \frac{a_n - a_{n+p}}{\min_{x \in X} c(\alpha(x), \alpha(f(x)))} \\
(16)
\end{aligned}$$

Теперь фундаментальность последовательности $\{y_n\}_{n=1}^{\infty}$ вытекает из фундаментальности последовательности $\{a_n\}_{n=0}^{\infty}$.

Так как пространство X полно, то существует точка y^* , которая является пределом последовательности $\{y_n\}_{n=0}^{\infty}$. Аналогично теореме 1 y^* будет неподвижной точкой. Теорема доказана.

Аналогично рассмотрим другой вариант локальной теоремы Каристи.

Теорема 4. Пусть X – полное метрическое пространство и $f: B_R[x_0] \rightarrow X$ – некоторое непрерывное отображение, удовлетворяющее условию: для любой точки $x \in B_R[x_0]$ выполняется неравенство

$$\alpha(f(x)) + c(\alpha(x), \alpha(f(x)))\rho(x, f(x)) \leq \alpha(x), \quad (17)$$

где $c: [\gamma, \infty) \times [\gamma, \infty) \rightarrow (0, \infty)$ – непрерывна и $\alpha(x_0) < Rc_0 + \gamma$, где $c_0 = \min_{x \in X} c(\alpha(x), \alpha(f(x)))$. Тогда отображение f имеет неподвижную точку.

Доказательство. Рассмотрим итерационную последовательность:

$$x_1 = f(x_0), x_2 = f(x_1), \dots, x_n = f(x_{n-1}). \quad (18)$$

Проверим, что точки $x_n \in B_R[x_0]$.

$$\begin{aligned} \rho(x_0, f(x_0)) = \rho(x_0, x_1) &\leq \frac{1}{c(\alpha(x), \alpha(f(x)))} (\alpha(x_0) - \alpha(x_1)) \leq \\ &\leq \frac{1}{c(\alpha(x), \alpha(f(x)))} Rc_0 \leq R \end{aligned} \quad (19)$$

Получаем, что точка $x_1 \in B_R[x_0]$.

Пусть точки $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n \in B_R[x_0]$

$$\begin{aligned} \rho(x_0, x_n) &\leq \rho(x_0, x_1) + \rho(x_1, x_2) + \rho(x_2, x_3) + \dots + \rho(x_{n-1}, x_n) = \\ &= \rho(x_0, f(x_0)) + \rho(x_1, f(x_1)) + \rho(x_2, f(x_2)) + \dots + \rho(x_{n-1}, f(x_{n-1})) \leq \\ &\leq \frac{1}{c(\alpha(x), \alpha(f(x)))} ((\alpha(x_0) - \alpha(f(x_0))) + (\alpha(x_1) - \alpha(f(x_1))) + \dots + \\ &+ (\alpha(x_{n-1}) - \alpha(f(x_{n-1})))) \leq \frac{1}{c(\alpha(x), \alpha(f(x)))} (\alpha(x_0) - \alpha(f(x_{n-1}))) \leq \\ &\leq \frac{1}{c(\alpha(x), \alpha(f(x)))} Rc_0 \leq R \end{aligned} \quad (20)$$

Нетрудно показать, что последовательность $\{x_n\}$ является фундаментальной. Тогда она сходится, так как X – полное метрическое пространство. Следовательно, отображение f имеет неподвижную точку.

Литература

1. Гельман, Б.Д. Введение в нелинейный анализ: учебное пособие/ Б.Д. Гельман. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2016 – 37 с.
2. Гельман, Б.Д. Неравенство Каристи и обобщенные сжатия (случай однозначных отображений) / Б.Д. Гельман // Вестник Тамбовского университета. Сер.: Естественные и технические науки. - 2018. - № 122. - С. 243-249.

УДК 656.257

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ
ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ**

Крыков И.Н.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: выполнен обзор современных систем диспетчерской централизации.

Ключевые слова: маршрут, централизация, привод, технология, АРМ.

В настоящее время на сети железных дорог России внедряются новые системы диспетчерской централизации, такие как: ДЦ «Диалог», ДЦ « ЮГ », ДЦ «Тракт », ДЦ « Сетунь », ДЦ « Диалог – Ц », ДЦ - МПК.

Одной из основных тенденций развития отечественных и зарубежных систем ДЦ является создание отделенческих, региональных и дорожных автоматизированных центров диспетчерского управления (ЕДЦУ), которые, в общем случае, включают в себя [1,10,12,14]:

автоматизированные рабочие места (АРМ) поездного диспетчера (АРМ ДНЦ);

АРМы энергодиспетчера (АРМ ЭЦЦ), дежурного инженера (АРМ ШНД), руководителя (АРМ ДНЦО), графиста, анализатора, диспетчера связи (АРМ ШЧД) и т.д.;

регистраторы информации;

табло коллективного пользования и индивидуальные средства контроля (мониторы);

физические и высокочастотные каналы связи с ЛП;

локальные сети.

Работа всех АРМов должна регулироваться единым протоколом сети, а, следовательно, базироваться на выбранной системе ДЦ.

Для выбора системы ДЦ необходимо рассмотреть состояние и тенденции развития систем ДЦ на зарубежных и отечественных железных дорогах.

Union Pacific (США) ввела в эксплуатацию компьютерный автоматизированный центр управления поездами CAD в Портленде. Главной задачей, стоявшей перед разработчиками проекта, было освободить поездных диспетчеров от выполнения рутинных операций. Система CAD выполняет операции, связанные с разрешением занятия пути, обеспечивая при этом высокий уровень безопасности; обеспечивает автоматическую настройку маршрутов в соответствии с запланированным графиком; дает диспетчеру рекомендации по оптимальной скорости движения поездов в зоне ограничения скорости для осуществления безостановочного скрещивания и обгона и ряд других функций. В результате ввода в эксплуатацию нового диспетчерского центра количество диспетчеров было сокращено на 44%. В настоящее время используются автономные, децентрализованные и централизованные системы, что позволяет учитывать особенности различных железнодорожных линий [2,9,13].

Типовые системы ДЦ, применяемые на отечественных железных дорогах, такие как: ДЦ «ЛУЧ» и ДЦ «Нева» по сравнению с зарубежными системами обладают рядом существенных недостатков: ограниченный объем передаваемой информации по каналам ТУ и ТС; низкая скорость передачи информации – до 20 Бод; использование устаревшей элементной базы, что не позволяет наращивать функции, реализуемые системой.

В настоящее время ведутся интенсивные работы по созданию и внедрению систем ДЦ на базе микропроцессорной техники. К наиболее конкурентоспособным системам относятся ДК «Сетунь», ДК «Такт», а также ДК «Диалог». Эти системы, в связи с расширением функций, таких как автоматизация слежения, номеров поездов, автоматизация ведения исполняемого расписания и т. д., приближаются к аналогичным зарубежным системам управления поездами. Одной из основных задач современных систем ДЦ является

разработка систем, отслеживающих координаты движущихся поездов в режиме реального времени.

Перспективным направлением в развитии систем передачи и обработки информации для слежения за ходом поездов является использование искусственных спутников Земли [3,11]. Основными элементами новой системы слежения являются считыватели, установленные на спутниках, и активные бортовые датчики, установленные на крышах локомотивов. Эти датчики используют широкополосные антенны для приема сигналов, поступающих одновременно с четырех спутников. Кодовые комбинации, излучаемые каждым из спутников, содержат информацию о координатах местоположения спутника, что позволяет бортовому датчику определять свое собственное местоположение в относительных координатах. Информационное описание железнодорожной сети, хранящееся в памяти бортового датчика, позволяет микропроцессору датчика с высокой точностью рассчитать положение локомотива. Затем эта информация передается от локомотива в автоматизированную систему управления поездом [4,7,8]. Результаты испытаний показали, что точность идентификации местоположения локомотива составляет в абсолютном выражении (+1,5м).

В отечественных системах ДЦ использование спутниковой связи является реальной перспективой, так как ОАО «РЖД» ведутся активные работы по организации глобальной сети на территории России и стран СНГ с целью организации движения поездов [5,6]. Одним из возможных направлений является использование централизованной системы, созданной на базе центрального компьютера, а также в совокупности интеллектуальных терминалов, образующих компьютерную сеть с центральным компьютером. На основе анализа существующих и вновь разрабатываемых систем управления поездами можно проследить тенденции развития аналогичных систем:

- создание региональных центров управления движением поездов;
- развитие экспертных систем, которые в критических ситуациях выдают диспетчеру рекомендации;
- использование спутниковой и волоконно-оптической систем связи;
- расширение функций систем ДЦ и превращение их в информационно – управляющие системы.

Литература

1. Гордиенко, Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России/ Е.П. Гордиенко. В сборнике: Атуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. -С. 13-17.
2. Гордиенко, Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем/ Е.П. Гордиенко. В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. -С. 39-43.
3. Гордиенко, Е.П. Современные технологии разработки геоинформационных систем/ Е.П. Гордиенко, Н.С. Гордиенко, В.В. Паненко. В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013.- С. 99-104.
4. Гордиенко, Е.П. Системы SCADA и анализ их применения/ Е.П. Гордиенко, С.Н. Гордиенко В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. -С. 10-14.
5. Гордиенко, Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени/ Е.П. Гордиенко. В сборнике: Транспорт:

- наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. -С. 14-18.
6. Гордиенко, Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте/ Е.П. Гордиенко. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020.- С. 71-75.
 7. Гордиенко, Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов/ Е.П. Гордиенко, В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 75-78.
 8. Гордиенко, Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ/ Е.П. Гордиенко. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 78-82.
 9. Гордиенко, Е.П. Перспективы развития систем электрической централизации/ Е.П. Гордиенко, О.В. Орловцева. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. - С. 17-20.
 10. Гордиенко, Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс/ Е.П. Гордиенко В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 66-71.
 11. Гордиенко, Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия/ Е.П. Гордиенко. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 62-65.
 12. Гордиенко, Е.П. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта/Е.П. Гордиенко, Н.С. Паненко. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. - С. 7-13.
 13. Гордиенко, Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики/ Е.П. Гордиенко В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. С. 55-58.
 14. Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем/ Е.П. Гордиенко//Естественные и технические науки. -2021.- № 3 (154).- С. 176-178.
 15. Гостева, С. Р. Модернизация и устойчивое развитие Российской Федерации/С.Р.Гостева// Право и государство: теория и практика. – 2013.- № 1(97). – С. 6-12.
 16. Гостев, Р. Г. Будущее, которого мы хотим / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. – 2013. – № 11(107). – С. 141-151.

АНАЛИЗ НЕИСПРАВНОСТИ АППАРАТУРЫ ЖАТ И ДЕЙСТВИЯ
ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА*Лысенко С.Ю.**Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Аннотация: выполнен анализ проблем, возникающих при проверке и обслуживании аппаратуры ЖАТ.

Ключевые слова: маршрут, централизация, привод, технология, проверка.

Известно, что каждое устройство или система ЖАТ, в зависимости от заданных требований и норм, может находиться в двух множествах состояний: неисправное и исправное. Переход объекта или технического средства от одного состояния к другому сопровождается изменением характеристик в лучшую или худшую сторону [4,13]. Бывают случаи, когда неисправное устройство всё ещё сохраняет работоспособное состояние. Объекты, перешедшие в состояние «неработоспособный» следует различать по их возможности обеспечить безопасность движения подвижного состава. Различают опасные и защитные состояния. Если устройство, пребывающее в работоспособном состоянии, теряет возможность выполнять хотя бы одну из заданных функций и достигает граничного значения, дальнейшая работоспособность уже не может быть гарантирована, т.к. возможны дальнейшие ухудшения параметров устройства. Такие устройства называют предотказными.

Многим устройствам ЖАТ свойственно иметь несколько технологических состояний. Возьмём к примеру схему управления стрелочного электропривода. Он может потерять контроль, при этом пребывать в минусовом или плюсовом положении или даже переводиться в одно из положений. Независимо от технологического состояния может возникнуть предотказ, а значит фактическое состояние системы поменяется.

В целях выявления различных технологических или предотказных состояний устройств ЖАТ определяется совокупность сопутствующих признаков, свойственных тому или иному технологическому состоянию. В качестве таких признаков могут выступать физические величины, такие как ток, напряжение, форма и амплитуда сигнала. В задачи средств технического диагностирования и мониторинга входит автоматическое определение состояния устройства ЖАТ или системы на основе таких признаков. При выявлении отклонения от нормы, происходит фиксация этого состояния (создаётся запись в базе системы) для последующего анализа и выработки стратегии его устранения [1,7,11].

Получить исходную информацию об отказах можно двумя путями: используя диагностические системы или с помощью сведений, полученных от оперативных работников дистанции в процессе запрограммированного диалога, подразумевающим ввод данных путём выбора нескольких вариантов ответа из предлагаемого списка [2, 5].

Процесс поиска и устранения отказа можно разделить на следующие этапы:

подготовка к поиску и устранению отказа;

поиск отказа;

устранение отказа.

Перечисленные этапы связаны между собой очень тесно. Максимальный эффект может быть достигнут путём оптимизации затраченного времени (т.е. минимизированием) на каждый этап [3].

В задачи этапа подготовки входят: определение возможного места отказа, характер возникшей неисправности, перевозка КИП, запасных частей и инструментов до места, на котором будет производиться ремонт, транспортировка ответственных специалистов (электромехаников) до места отказа, сбор информации о текущем состоянии устройств ЖАТ, выдача предварительных рекомендаций по поиску отказа.

В задачи этапа поиска отказа входят: анализ текущей поездной ситуации и состояния устройств ЖАТ, контроль корректности действий электромеханика при выполнении инструкции, руководство процессом поиска отказа. Руководство процессом поиска - наиболее сложная и ответственная задача. От качества её выполнения зависит насколько быстро и эффективно будет восстановлена работоспособность устройства. Наиболее важный момент - формирование корректной инструкции, согласно которой электромеханик сможет достичь цели кратчайшим путём [6,14]

В задачи этапа «устранение отказа» входят: транспортировка обслуживающего персонала и технических средств, контроль за действиями электромеханика, проверка соответствия действий инструкциям, контроль правильности действий. По окончании ремонта проверка работоспособности устройства [8].

Для наиболее распространённых видов отказов устройств ЖАТ были выработаны алгоритмы поиска неисправностей. В целях оптимизации процесса поиска алгоритмы унифицированы между различными реализациями устройств и систем. Они построены исходя из логико-информационного метода. Это позволит затратить минимум проверок для локализации места отказа, определения характера отказа и, в ряде случаев, даже выявить отказавший объект. В виду того, что от данного этапа зависит и время поиска отказа и время на его локализацию, его можно считать наиболее сложным и важным [9]. Некорректное определение места отказа приводит к колоссальным потерям времени, что в свою очередь может отразиться на всём перевозочном процессе.

Ключевое свойство, а именно локализация отказа с дальнейшим выявлением отказавшего объекта, выполняется с помощью минимального количества действий [10,12]. Пример алгоритма, построенный на основе логико-информационного метода, изображён на рисунке 1.

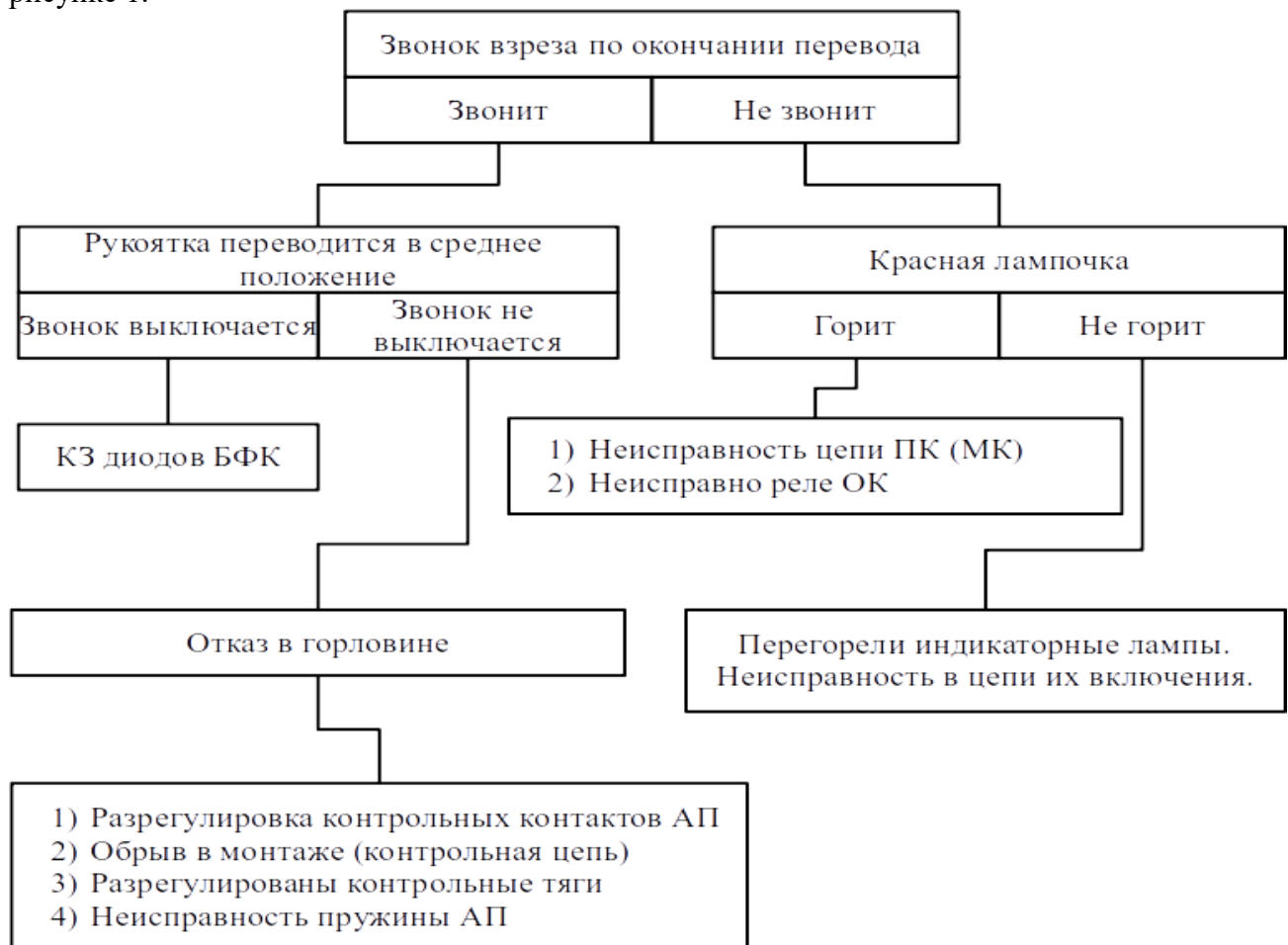


Рисунок 1 - Пример алгоритма поиска неисправностей в стрелке с пятипроводной схемой управления. Фактическое состояние «Стрелка переводится, но не получает контроля»

Согласно логико-информационному методу поиск неисправностей - это процесс, в котором можно выделить два этапа:

выявление и локализация отказа;

определение неисправного элемента и причины отказа.

Выявление отказа основывается на анализе собранной информации о проявившейся неисправности (первичное проявление) с дальнейшим определением места и характера отказа. Основываясь на характере отказа можно задать точную последовательность действий, направленных на поиск неисправного элемента и причины отказа.

На этапе устранения отказа, после получения электромехаником сообщения о нарушении нормальной работы устройств ЖАТ, ему необходимо прибыть к дежурному по станции и внести информацию в журнал осмотра с указанием времени прибытия.

Возможно неисправный объект находится на большом удалении от станции. В таком случае электромеханик направляется в район расположения нуждающегося в ремонте устройства, с обязательным уведомлением диспетчера о времени прибытия на место. Позже, после окончания работ, электромеханик подтвердит время своего прибытия подписью в журнале осмотра.

Процесс устранения неисправности может быть осуществлён электромехаником при соблюдении двух условий:

дежурный по станции выдал разрешение на осуществление работ;

выполнена соответствующая запись в журнале осмотра.

После прибытия в место расположения неисправного устройства электромеханик принимает решение о необходимости выключения неисправного устройства из централизации, основываясь на перечне условий и положений, определённых в инструкции ЦШ/530-11 (инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при технической эксплуатации устройств и систем СЦБ).

Когда неисправность устранена, электромеханик может ввести в действие устройства СЦБ, не прекращая пропуска подвижного состава. О причинах возникшего отказа, а так же о результатах проведённых работ выполняется запись в журнале осмотра, а дежурному по станции разрешается возобновление использования устройства. Время устранения и причина отказа сообщается диспетчеру дистанции СЦБ и старшему электромеханику.

Литература

1. Гордиенко, Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Атуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. - С. 13-17.
2. Гордиенко, Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем/ Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. - С. 39-43.
3. Гордиенко, Е.П. Современные технологии разработки геоинформационных систем. / Е.П. Гордиенко, Н.С. Гордиенко, В.В. Паненко // В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. - С. 99-104.
4. Гордиенко, Е.П. Системы SCADA и анализ их применения. / Е.П. Гордиенко, С.Н. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-

- 2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. - С. 10-14.
5. Гордиенко, Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени/ Е.П. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019.- С. 14-18.
 6. Гордиенко, Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 71-75.
 7. Гордиенко, Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 75-78.
 8. Гордиенко, Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 78-82.
 9. Гордиенко, Е.П. Перспективы развития систем электрической централизации. / Е.П. Гордиенко, О.В. Орловцева // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. - С. 17-20.
 10. Гордиенко, Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 66-71.
 11. Гордиенко, Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 62-65.
 12. Гордиенко, Е.П. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта/ Е.П. Гордиенко, Н.С. Паненко //В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019.- С. 7-13.
 13. Гордиенко, Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. / Е.П. Гордиенко//В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. - С. 55-58.
 14. Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем/ Е.П. Гордиенко //Естественные и технические науки.- 2021.- № 3 (154).- С. 176-178.
 15. Гостева, С.Р. Модернизация и устойчивое развитие Российской Федерации/С.Р. Гостева //Право и государство: теория и практика. - 2012.- № 12 (96).- С. 125-133.
 16. Гостева, С.Р. Будущее, которого мы хотим (проблема перехода Российской Федерации к устойчивому развитию) /С.Р. Гостева //European Social Science Journal. - 2014.- № 1-2. - С. 362- 369.

Аннотация: выполнен анализ проблем, возникающих при проверке и обслуживании устройств контактной сети.

Ключевые слова: тестер, стойка, прибор, технология, проверка.

Потеря несущей способности опоры контактной сети электрифицированной железной дороги может привести к весьма тяжелой аварии с гибелью людей. Более половины опор контактной сети железных дорог в нашей стране и за рубежом выполнено из железобетона. Основой такой опоры является стойка в виде толстостенной трубы с внешним диаметром 300 - 400 мм, изготовленная методом центрифугирования. Под воздействием климатических факторов, вибрации и рабочей нагрузки бетон стойки меняет структуру, растрескивается, получает различные повреждения, и в результате стойка постепенно теряет свою несущую способность. Поэтому для определения необходимости замены стойки требуются регулярные обследования всех стоек некоторого участка дороги [5,14]. Такие обследования предотвращают также излишнюю отбраковку опор.

Возможность объективной оценки несущей способности центрифугированных железобетонных стоек опор базируется на уменьшении скорости распространения УЗ-колебаний в бетоне при появлении в нем дефектов. Причем в силу конструктивных особенностей стоек и характера нагрузок на них изменения свойств бетона в направлениях вдоль и поперек стойки оказываются неодинаковыми: скорость ультразвука в поперечном направлении со временем снижается быстрее, что, по-видимому, можно объяснить повышением концентрации микротрещин с преимущественно продольной ориентацией. По изменению величин скоростей распространения ультразвука вдоль и поперек стойки в процессе ее эксплуатации, а также по их отношению, можно судить о степени потери несущей способности стойки и принимать решение о ее замене.

В практике эксплуатации железных дорог в России [2,9] в последние несколько лет используется достаточно простая методика оценки несущей способности центрифугированных железобетонных стоек опор контактной сети, основанная на измерениях скорости распространения продольных УЗ-волн в теле стойки в продольном и поперечном направлениях. Эта методика разработана в ВНИИЖТ в результате многолетних исследований прочности бетона в стойках опор и ее связи со скоростью ультразвука. В качестве основного измерительного средства при контроле опор используется УЗ-тестер УК1401, предназначенный для измерений времени и скорости распространения продольных волн в твердых материалах при поверхностном прозвучивании на постоянной базе 150 мм. Тестер (Рис. 1) представляет собой малогабаритный (удерживаемый в руке) электронный блок с цифровым индикатором результатов измерений и двумя встроенными в его корпус УЗ-преобразователями с сухим акустическим контактом.



Рисунок 1 – УЗ – тестер УК1401

Ультразвуковой контроль опор проводится при поверхностном прозвучивании материала стойки в двух взаимно перпендикулярных направлениях (поперек и вдоль оси стойки) в одном или нескольких ее местах, в зависимости от типа и степени ее повреждения. Способ поверхностного прозвучивания позволяет вести контроль в любых местах стоек. При контроле выполняется по три измерения времени распространения ультразвука между преобразователями тестера в каждом направлении и определяются средние значения этих измерений. Использование отсчетов времени вместо скорости методически более удобно. По полученному среднему значению времени распространения ультразвука в поперечном направлении («показателю П1») и по его отношению к времени распространения ультразвука в продольном направлении («показателю П2») оценивается фактическая несущая способность опоры. На основе накопленного опыта оценки состояния стоек опор различных типов установлены предельные значения показателей П1 и П2, при достижении которых опоры необходимо заменять.

На рисунке 2 показаны положения прибора УК1401 при контроле стойки опоры. Точки установки преобразователей тестера при прозвучивании поперек стойки выбираются так, чтобы продольные трещины, если они есть, проходили не ближе 30 мм к любому из преобразователей, и на пути прохождения волн между преобразователями не было ни одной трещины. При продольном прозвучивании стойки в этом же месте прибор располагается между пучками продольной арматуры, чтобы максимально уменьшить ее влияние на результат измерений. Для определения положения арматуры используется электромагнитный измеритель защитного слоя бетона. Измерения проводятся, как правило, в местах, где стойка наиболее нагружена, например, со стороны пути.

Сам процесс контроля, если не учитывать осмотр стойки и выбор мест измерений, занимает несколько минут. В выбранном месте прибор в горизонтальном положении прижимается к стойке на 10-15 с, после чего результат измерения считывается с индикатора и записывается в таблицу. Эти действия повторяются дважды, причем прибор заново прикладывается к стойке. Затем получают три результата при вертикальном расположении прибора, и они также заносятся в таблицу. Рассчитываются показатели П1 и П2 и оценивается состояние стойки.

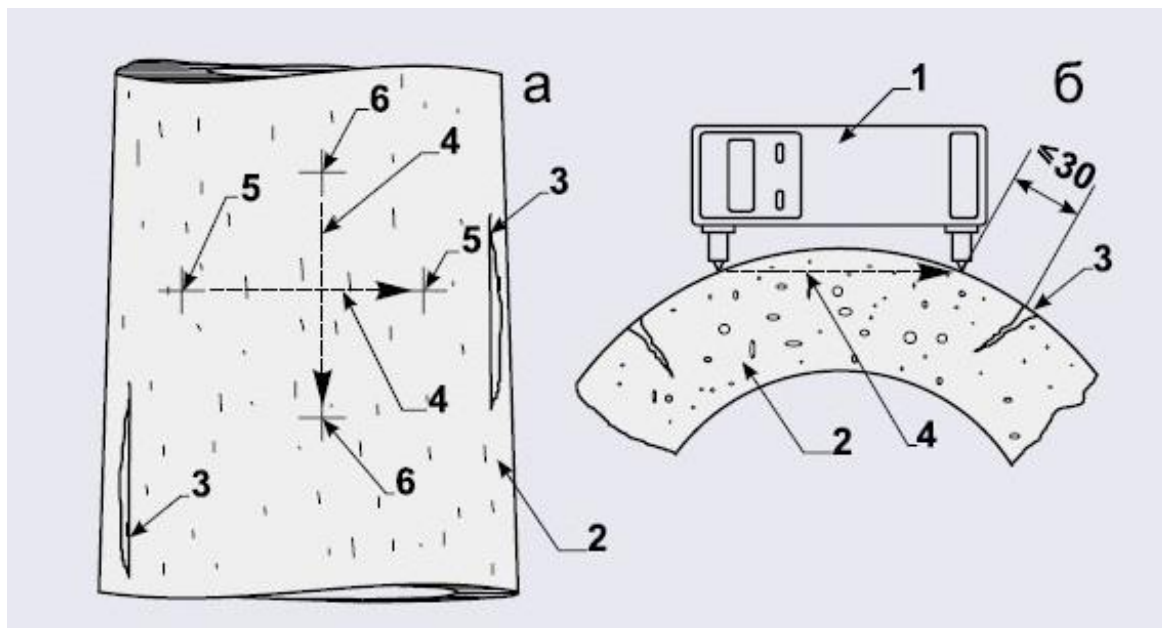


Рисунок 2 – Положения прибора УК1401 при контроле стойки опоры: а - направления прозвучивания стойки в выбранном месте контроля; б - расположение прибора относительно трещин при поперечном прозвучивании стойки. 1 – УЗ-тестер УК1401; 2 – тело стойки; 3 – трещины; 4 – пути прохождения волн между УЗ-преобразователями; 5, 6 – точки установки преобразователей соответственно при поперечном и продольном прозвучивании стойки

Методология УРРАН [1,7,10] выделяет 14 этапов жизненного цикла, разделяя все этапы на три большие группы стадии жизненного цикла (рис. 3).

В плане задействованных этапов жизненного цикла опоры контактной сети диагностика технического состояния затрагивает три этапа:

этап приемки – этап когда осуществляется оценка технического состояния перед вводом в эксплуатацию;

этап эксплуатации – осуществляется непосредственный контроль параметров опор контактной сети в ходе эксплуатации, в связи с тем что их влияние на безопасность перевозочного процесса достаточно велико;

этап мониторинга эксплуатационных характеристик – на данном этапе осуществляется возможность дальнейшей эксплуатации опор контактной сети с учетом анализа возникновения возможных рисков.

Проведение основных видов ремонта устройств на этапе эксплуатации позволяет лишь отсрочить наступление состояния отказа. При увеличении предельного срока эксплуатации проведение любых видов ремонта, кроме полной замены, не позволит содержать ни один из объектов эксплуатации в исправном состоянии, а лишь поддерживать работоспособное состояние [3,12]. Таким образом, в настоящее время отсутствуют такие технологии, которые позволили бы восстанавливать объекты эксплуатации до полноценного исправного состояния без замены. Поэтому, проводя частичное восстановление разрушенного слоя бетона, железобетонных опор контактной сети, находящихся в эксплуатации дольше заявленного срока службы, не решает проблему накопления микрповреждений и усталости материала, при воздействии постоянных нагрузок [4,6,8]. Наоборот, как показали расчеты и опытные данные, такой подход способствует каскадному переходу состоянию отказа, что в дальнейшем проявится в наиболее частом отказе опор.



Рисунок 3 – Основные этапы жизненного цикла опоры контактной сети

Вся сложность действующих подходов к диагностике опорного парка заключается в выполнении большого количества условий до проведения необходимого объема работ, связанных с принятием мер, направленных на частичную или полную их замену. Отсутствие системности отказов лишь при поверхностном рассмотрении кажется именно таким, когда практически не представляется возможным определить достоверную причину их возникновения [11, 13]. Существующая наука диагностики технических средств, основанная на вероятностно-статистических подходах, позволяет достаточно достоверно описать происходящие процессы и определить необходимость проведения работ, направленных на замену или ремонт опор контактной сети.

Литература

1. Гордиенко, Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Атуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. -С. 13-17.
2. Гордиенко, Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем/ Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. -С. 39-43.
3. Гордиенко, Е.П. Современные технологии разработки геоинформационных систем. / Е.П. Гордиенко, Н.С. Гордиенко, В.В. Паненко // В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. -С. 99-104.
4. Гордиенко, Е.П. Системы SCADA и анализ их применения. / Е.П. Гордиенко, С.Н. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. -С. 10-14.
5. Гордиенко, Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени/ Е.П. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019.- С. 14-18.

- 6.Гордиенко, Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 71-75.
- 7.Гордиенко, Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 75-78.
- 8.Гордиенко, Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 78-82.
- 9.Гордиенко, Е.П. Перспективы развития систем электрической централизации. / Е.П. Гордиенко, О.В. Орловцева // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.
- 10.Гордиенко, Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 66-71.
- 11.Гордиенко, Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 62-65.
- 12.Гордиенко, Е.П. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта/ Е.П. Гордиенко, Н.С. Паненко //В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019.- С. 7-13.
- 13.Гордиенко, Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. / Е.П. Гордиенко//В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. - С. 55-58.
- 14.Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем/ Е.П. Гордиенко //Естественные и технические науки.- 2021.- № 3 (154).- С. 176-178.
- 15.Гостева, С.Р. Модернизация и устойчивое развитие Российской Федерации/С.Р. Гостева //Право и государство: теория и практика. - 2012.- № 12 (96).- С. 125-133.
- 16.Гостева, С.Р. Будущее, которого мы хотим (проблема перехода Российской Федерации к устойчивому развитию) /С.Р. Гостева //European Social Science Journal. -2014.- № 1-2. - С. 362- 369.

УДК 656.257

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МАРШРУТАМИ СКАТЫВАНИЯ ОТЦЕПОВ

Адамов А.Н.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: выполнен анализ проблем, возникающих при проверке и обслуживании работы сортировочных горок.

Ключевые слова: сортировочная горка, скорость, отцеп, технология, автоматизация.

В настоящее время на сети железных дорог России находится в эксплуатации 110 сортировочных горок, из них 74 оборудованы системами горочной автоматической централизации (ГАЦ, БГАЦ, ГАЦ-КР), 14 оборудованы системами автоматического регулирования скорости скатывания отцепов (АРС-ГТСС, АРС-ЦНИИ, КГМ-РИИЖТ). Системы ГАЦ или ЭЦ распределенной зоны горки в подавляющем большинстве построены на реле. Порядка 30% ГАЦ и все ЭЦ уже выработали свой ресурс и нуждаются в замене. На рисунке 1 показано процентное соотношение различных систем, применяемых на сортировочных горках России.

Система ГАЦ впервые была построена в 1946 году на станции Брянск. В устройствах ГАЦ при открытии горочного светофора Г положение, свобода и замыкание стрелок не проверяется, а сигналы указывают машинисту локомотива установленные начальником дороги скорости составов [5,9,11,14]. Обычно зеленому огню горочного светофора соответствует скорость от 7 до 9 км/ч, зеленому с желтым от 5 до 6 км/ч и желтому от 3 до 4 км/ч. При отсутствии более двух секунд контроля положения хотя бы одной горочной стрелки, светофор автоматически закрывается, этим передается команда машинисту остановить состав, при врезе стрелки или остановке её в среднем положении.

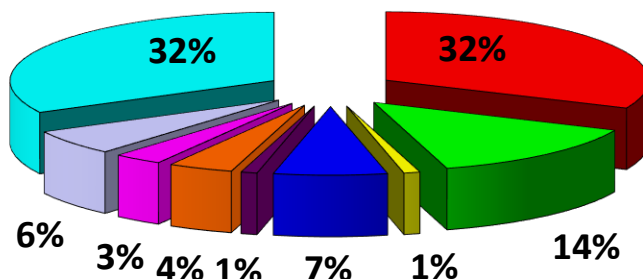
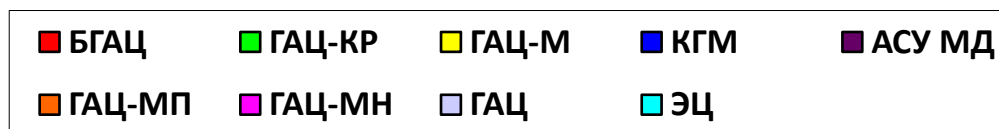


Рисунок 1 – Распределение горочных систем централизаций

Исключением перевода стрелок под отцепом в ГАЦ возлагаются только на устройства контроля занятости стрелок, основными элементами которых является рельсовые цепи, фото

и радиотехнические датчики. Поскольку момент занятия рельсовой цепи отцепом может совпадать с началом перевода стрелки, то длина предстрелочного участка между изолирующим стыком и началом острьяков должна гарантировать окончание перевода стрелки до вступления отцепа на остряки [13]. При невыполнении этого условия отцеп вступает на остряки, находящиеся в промежуточном положении, что приводит к его сходу с рельсов.

Наибольшая перерабатывающая способность сортировочной горки достигается при минимальных интервалах между отцепами, а следовательно, при уменьшении длины рельсовых цепей и времени перевода стрелок [1,3,10]. Применение на горках симметричных стрелочных переводов с маркой крестовины 1/6 позволяет выделять предстрелочные участки длиной 6 метров. В этом случае длина стрелочного изолированного участка составляет 11,4 метра.

Длины междустрелочных изолированных участков определяются особенностями укладки стрелочных переводов и составляет от 4,5 до 12,5 метров.

В итоге горловину сортировочной горки делят на изолированные участки, информацию о занятии и освобождении которых используют в ГАЦ для передачи маршрутных заданий. В схеме управления централизованной стрелкой предусмотрен автоматический возврат стрелки в исходное положение, если за установленное время она не перевелась в другое положение [2,8].

Начиная с 1960 года систему ГАЦ применяют в блочном исполнении на реле типа РКН, которая получила название БГАЦ-ЦНИИ. Управлять маршрутами в БГАЦ можно нажатием кнопки с номером пути СП перед вступлением очередного отцепа на головную стрелку (маршрутный режим) или накоплением маршрутов (программный режим) нажатием кнопок перед началом роспуска. В ранних установках число накапливаемых маршрутов достигало 35, а в последних составляет 11 или 6, что повысило надежность работы накопителя.

К достоинствам БГАЦ следует отнести простоту электрических схем, надежность, а к недостаткам – применение требующих затрат на техническое обслуживание телефонных реле РКН, потерю маршрутного задания отцепу в случаях нагона им впереди идущего или ошибочного разделения отцепа на вершине горки, а также отсутствие фиксации номеров пути скатывающихся отцепов [4,7].

В 1978 году на станции Шкиротава была построена горочная автоматическая централизация с контролем роспуска (ГАЦ-КР). ГАЦ-КР предназначена для автоматической реализации программы роспуска составов, достоверного контроля её исполнения с выдачей результатов контроля на печать.

Система ГАЦ-КР обеспечивает:

- комплексный контроль головной зоны сортировочной горки, контроль свободности нормированного участка, фиксацию проследования вагонов в зоне расцепа, контроль прохода длиннобазного вагона, наличие вагона или дробления (неправильного расцепа) отцепов;
- автоматическое управление стрелками распределительной зоны сортировочной горки в процессе скатывания отцепов;
- слежение за движением отцепов в распределительной зоне и трансляцию при этом кода адреса каждого отцепа;
- хранение информации о номере, фактическом количестве вагонов и заданном маршруте отцепов в распределительной зоне;
- выдачу данных на печать о номере, количестве вагонов, заданном маршруте, а при нарушениях программы роспуска о фактическом исполнении маршрута отцепа;
- выдачу оперативной информации на устройство индикации пульта управления и пульта электромеханика;
- выдачу информации о количестве вагонов, в двух отцепах на световой указатель для расцепки.

ГАЦ-КР допускает работу в программном, автоматическом, маршрутном и ручном режимах. Система ГАЦ-КР скомпонована из отдельных функциональных групп и узлов, соответствующих основным узлам сортировочной горки. В группах и узлах системы совмещены управляющие и контрольные функции: реализация установленного режима управления роспуском на участке горба горки; комплексный контроль и управление стрелкой в зоне головной стрелки; слежение, трансляция, реализация и контроль исполнения маршрутов в распределительной зоне спусковой части горки; регистрация фактического исполнения заданной программы роспуска в зоне последней распределительной стрелки и подгорочных путей [6,12].

В системе принят пострелочный код, в котором маршрут задается положением стрелок по пути движения отцепа. Например, маршрутное задание 10011 показывает, что отцеп проследует по пяти стрелкам, из которых первая, четвертая и пятая должны иметь плюсовое положение (1), вторая и третья минусовое (0). Число вагонов в отцепе кодируют двоично-десятичным кодом.

Система АСУ-РСГ является совокупностью математических и логических методов, средств вычислительной и управляющей техники, устройств передачи и обработки данных, сигнальных установок, исполнительных механизмов и датчиков, устройств преобразования, отображения и регистрации сигналов и данных, а также действий эксплуатационного персонала.

Система вместе с технологическим объектом управления (ТОУ) образует автоматизированный технологический комплекс (АТК). Технологическим объектом является процесс расформирования составов на сортировочной горке и технологическое оборудование реализации этого процесса.

АСУ-РСГ является комплексной системой автоматических устройств, функционально связана с автоматизированной системой управления сортировочной станцией организационного уровня (АСУ СС) и выполняет следующие функции: регулирование скорости роспуска состава, движение отцепа с горки; управление маршрутами движения отцепов; обмен информации с АСУ СС.

Функции системы реализуются автоматизацией управления стрелочными переводами и вагонными замедлителями сортировочной горки на основе системного подхода и применения математических методов на базе вычислительной и управляющей техники.

Элементы комплекса, относящиеся к АСУ СС, обеспечивают выбор очередности расформирования составов; обмен информацией о заданной программе расформирования состава и фактически реализованной программе с выдачей исполненного сортировочного листка; выдачу оперативной информации по запросу с помощью видеотерминалов.

Комплекс КГМ-РИИЖТ предназначен для автоматизации процесса расформирования составов на сортировочных горках и представляет собой совокупность вычислительных и управляющих устройств, средств преобразования, отображения и регистрации сигналов, исполнительных устройств. Он может использоваться в увязке с автоматизированной системой управления сортировочной станцией или самостоятельно.

Основные функции комплекса – формирование программы роспуска контроль разделения состава на отцепы, управление маршрутами движения отцепов, регулирование скорости движения отцепов и диагностика устройств комплекса.

Система АСУ МД является горочным технологическим комплексом, включающий в себя технологический объект управления, увязанный с системой верхнего уровня АСУ СС и охватывающий зоны сортировочной горки от парка прибытия до подгорочных путей включительно.

Комплекс технических средств АСУ МД обеспечивает решение эксплуатационных задач, составляющих набор функций по управлению и контролю за маршрутами движения на сортировочной горке.

Система АСУ МД обеспечивает:

- информационный обмен с АСУ СС – формирование и фиксирование информационных макетов составов, подлежащих роспуску; регистрацию введенных изменений; формирование и передачу информации о результатах роспуска;
- подготовку к роспуску – ввод готовых макетов составов для реализации роспуска, корректировку и гашение признаков отцепов, подготовку программы и предварительный перевод стрелок, прогон текстовых и диагностических программ;
- контроль расцепа отцепов – фиксацию факта разделения отцепов с контролем направления движения, соответствие заданного и фактического разделений с фиксацией нарушений и корректировкой;
- контроль передвижений – счет осей и фиксацию направления движения с выявлением и трансляцией признаков подвижного состава;
- управление переводом стрелок – выполнение всех управляющих и контролируемых операций.

Принципиально новой стадией управления горочными стрелками, реализуемой в системе АСУ МД, является корректировка исходных данных о составах с вводом диалога «оператор – управляющий вычислительный комплекс (УВК)» и предварительное управление стрелками.

Дополнительно к перечисленным функциям в АСУ МД предусматривается выполнение операций по обучению персонала, а также общие контрольно – диагностические функции.

Разработанные и находящиеся на разной стадии эксплуатации системы ГАЦ, ГАЦ-КР, БГАЦ и выше перечисленные по набору выполняемых функций и техническим показателем отвечают требованиям эксплуатации. Однако уже в настоящее время многие технические средства названных систем физически устаревают. Более того, элементная база этих систем также морально устарела уже сегодня.

В этой связи необходимо осуществлять работы по модернизации системы ГАЦ и технических средств маршрутизации. В ней должны быть воплощены достоинства уже созданных систем, но с использованием перспективной элементной базы, реализацией дополнительных функций.

На основании выше изложенного предлагаю оборудовать сортировочную горку Валушки системой ГАЦ – МН. Система ГАЦ – МН успешно применяется в составе ГПЗУ, АСУ СС, ГАЛС Р, КЗП, АРС.

Литература

1. Гордиенко, Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. В сборнике: Атуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. -С. 13-17.
2. Гордиенко, Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. -С. 39-43.
3. Гордиенко, Е.П., Гордиенко Н.С., Паненко В.В. Современные технологии разработки геоинформационных систем. В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013.- С. 99-104.
4. Гордиенко, Е.П., Гордиенко С.Н. Системы SCADA и анализ их применения. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. -С. 10-14.
5. Гордиенко, Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство

- («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. -С. 14-18.
- 6.Гордиенко, Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020.- С. 71-75.
- 7.Гордиенко, Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 75-78.
- 8.Гордиенко, Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 78-82.
- 9.Гордиенко, Е.П., Орловцева О.В. Перспективы развития систем электрической централизации. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. - С. 17-20.
- 10.Гордиенко, Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 66-71.
- 11.Гордиенко, Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 62-65.
- 12.Гордиенко, Е.П., Паненко Н.С. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. - С. 7-13.
- 13.Гордиенко, Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. С. 55-58.
- 14.Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем. Естественные и технические науки. -2021.- № 3 (154).- С. 176-178.
- 15.Гостева, С. Р. Модернизация и устойчивое развитие Российской Федерации/С.Р.Гостева// Право и государство: теория и практика. – 2013.- № 1(97). – С. 6-12.
16. Гостев, Р. Г. Будущее, которого мы хотим / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. – 2013. – № 11(107). – С. 141-151.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СВОБОДНЫХ ПРОГРАММНЫХ ПЛАТФОРМ

*Казаков В.А.**Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Аннотация: рассмотрены вопросы разработки обучающих средств с акцентом на проблемы выбора свободных программных платформ.

Ключевые слова: обучение, программа, код, технология, компьютер.

Лицензирование с открытым исходным кодом не предполагает ограничений авторских прав. Относительная свобода использования приносит преимущества таким продуктам, что привлекает многих пользователей [1,4,6]. Основными преимуществами программного обеспечения с общедоступным исходным кодом являются:

Гибкость. Программное обеспечение может быть настроено в соответствии с конкретными бизнес-потребностями. Инженеры могут написать больше кода, чтобы добавить дополнительную функциональность и наоборот – удалить ненужные детали [2,3].

Стабильность. Вы можете использовать этот продукт для долгосрочных проектов с уверенностью, потому что он не исчезнет с рынка или не устареет, если его авторы перестанут работать над ним. Сообщество пользователей позаботится о программном обеспечении с открытым исходным кодом.

Безопасность и надежность. Множество людей с разным уровнем квалификации могут работать над одним и тем же программным обеспечением, что может привести к несогласованности кода [5,10]. Вот когда культура открытого исходного кода приносит пользу. Другие разработчики со всего мира могут просматривать, исправлять и обновлять этот код. Чем быстрее выполняется проверка кода, тем более безопасным и надежным является программное обеспечение. Авторы и пользователи улучшают решение, потому что им нужно, чтобы оно хорошо работало.

Более легкая оценка. То, что вы (или ваши разработчики) видите, - это то, что вы получаете. Полная прозрачность исходного кода позволяет вашей команде изучить и оценить продукт, узнав о его возможностях и недостатках.

Лучшая поддержка. Как пользователь OSS, у вас есть больше способов получить техническую консультацию и поддержку: от поставщика, консалтинговой компании, специализирующейся именно на этом продукте, или от других пользователей, готовых поделиться своим опытом и знаниями на форумах или в списках рассылки [14].

Возможная экономия. Закрытые (проприетарные) продукты могут иметь высокую стоимость загрузки и, как правило, требуют оплачиваемой поддержки клиентов. Так же следует иметь в виду, что стоимость поддержки программного обеспечения с открытым исходным кодом обычно ниже, чем проприетарной продукции.

Кроме того, начинающие разработчики или студенты могут использовать открытый исходный код в целях освоения самого процесса разработки. Это не менее важный фактор. Именно по этой причине был выбран Django Framework.

Django - это фреймворк с открытым исходным кодом для серверных веб-приложений, основанный на Python - одном из лучших языков веб-разработки. Его основные цели - простота, гибкость, надежность и масштабируемость.

Django имеет собственную систему именования всех функций и компонентов (например, HTTP-ответы называются «представлениями»). Он также имеет панель администратора, с которой, как считается, работать проще, чем в Lavarel или Yii, и другие технические функции, в том числе:

Простой синтаксис;

Собственный веб-сервер;

Архитектура ядра MVC (модель-представление-контроллер);
«Батарейки в комплекте» (в комплекте есть все необходимое для решения типовых задач);

ORM (объектно-реляционный преобразователь);

Библиотеки HTTP;

Поддержка промежуточного программного обеспечения; а также

Фреймворк модульного тестирования Python.

Кроме того, Django предоставляет динамический интерфейс CRUD (создание, чтение, обновление и удаление), настроенный с помощью моделей администрирования и сгенерированный посредством интроспекции. CRUD используется для описания основных команд базы данных, что означает, что интерфейс облегчает просмотр, изменение и поиск информации.

Одна из основных целей Django - упростить работу разработчикам. Для этого фреймворк Django использует:

Принципы быстрой разработки, означающие, что разработчики могут выполнять более одной итерации за раз, не начиная весь график с нуля;

Философия DRY - Don't Repeat Yourself - означает, что разработчики могут повторно использовать существующий код и сосредоточиться на уникальном.

Безопасность также является приоритетом для Django. Он имеет одну из лучших готовых систем безопасности и помогает разработчикам избегать распространенных проблем безопасности, в том числе:

кликджекинг (мошеннический способ сбора персональных данных посетителей ресурса)

межсайтовый скриптинг (широко распространенный вид уязвимости, позволяющий внедрить в страницу, выдаваемую сайтом, исполняемый код, например post-запрос)

SQL-инъекция (метод внедрения своего кода в поле ввода для выполнения запроса к базе)

Django оперативно выпускает новые исправления безопасности. Обычно он первым реагирует на уязвимости и предупреждает другие фреймворки.

Весь код фреймворка Django написан на языке Python, который работает на многих платформах, таких как Linux, Windows и Mac OS. Так же важной особенностью является доступность языка Python из коробки на большинстве дистрибутивов Linux.

Использование программного обеспечения и компонентов с открытым исходным кодом может быть разумным для организаций и предприятий всех размеров. Преимущества включают в себя свободу распространения, возможность изменять или расширять возможности программного обеспечения и возможную экономию затрат на разработку [7,8,11].

Хорошее программное обеспечение поддерживается большим сообществом пользователей, которые мотивированы постоянно обновлять его, отслеживать наличие уязвимостей в системе безопасности и постоянно полировать исходный код [9,12,13]. Благодаря культуре обмена знаниями и взаимопомощи вы можете быть уверены, что при необходимости получите профессиональную консультацию и помощь.

Литература

1. Гордиенко, Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. В сборнике: Атуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 13-17.
2. Гордиенко, Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 39-43.

- 3.Гордиенко, Е.П., Гордиенко Н.С., Паненко В.В. Современные технологии разработки геоинформационных систем. В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. С. 99-104.
- 4.Гордиенко, Е.П., Гордиенко С.Н. Системы SCADA и анализ их применения. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 10-14.
- 5.Гордиенко, Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 14-18.
- 6.Гордиенко, Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 71-75.
- 7.Гордиенко, Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 75-78.
- 8.Гордиенко, Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 78-82.
- 9.Гордиенко, Е.П., Орловцева О.В. Перспективы развития систем электрической централизации. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.
- 10.Гордиенко, Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 66-71.
- 11.Гордиенко, Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 62-65.
- 12.Гордиенко, Е.П., Паненко Н.С. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 7-13.
- 13.Гордиенко, Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. С. 55-58.
- 14.Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем. Естественные и технические науки. 2021. № 3 (154). С. 176-178.
- 15.Гостева, С. Р. Модернизация и устойчивое развитие Российской Федерации/С.Р.Гостева// Право и государство: теория и практика. – 2013.- № 1(97). – С. 6-12.

16. Гостев, Р. Г. Будущее, которого мы хотим / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. – 2013. – № 11(107). – С. 141-151.

УДК 656.257

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМ ЗАМЕДЛИТЕЛЕМ

Лыков Г.В.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: выполнен анализ особенностей системы управления вагонным замедлителем.

Ключевые слова: вагон, роспуск, удар, технология, замедлитель.

Основным инструментом поддержания скоростного режима роспуска вагонов на сортировочной станции является вагонный замедлитель. Превышение скорости подхода вагона к группе неподвижных вагонов (не более 5 км/ч) приводит к частичной или полной утрате, повреждению груза и подвижного состава. Проблема жестких соударений вагонов заключалась не только в изношенности оборудования, но и в его конструктивном несовершенстве. Для вагонных замедлителей с приводом от массы вагона или посредством пневматических поршневых цилиндров была свойственна инерционность, нестабильность характеристик торможения, а также сложность настройки и обслуживания. С начала 2000-х годов на сети железных дорог России внедряется оборудование нового поколения, обладающее более высокой надежностью и эффективностью. За счет применения гидропневматического привода новой конструкции удалось на четверть сократить массу замедлителя, улучшить его быстродействие и более чем в 2,5 раза повысить его энергоэффективность [1,5,9,10,14].

Конструктивная схема секции вагонного замедлителя типа КВ показана на рис. 1. При работе замедлителя вагоны тормозятся в результате зажатия боковых поверхностей колес между шинами тормозных балок. При этом колеса катятся по опорной поверхности шины подпорной балки, отрываясь от рельса. Для торможения механизм вагонного замедлителя, нормально находящийся в отторможенном положении, приводится в рабочее положение путем впуска сжатого воздуха в тормозные цилиндры.

Замедлители типа КВ устанавливают в путь в специальном котловане на щебеночную постель и железобетонные балки, укладываемые на песчаную постель толщиной 200 мм. Под каждым вагонным замедлителем располагают четыре продольных ряда фундаментных железобетонных балок БФ-400/400, а по концам его — по одной поперечной опорной балке БО-4000. Боковые стенки котлована можно облицовывать плоскими железобетонными лицевыми плитами или плитами подпорных стенок.

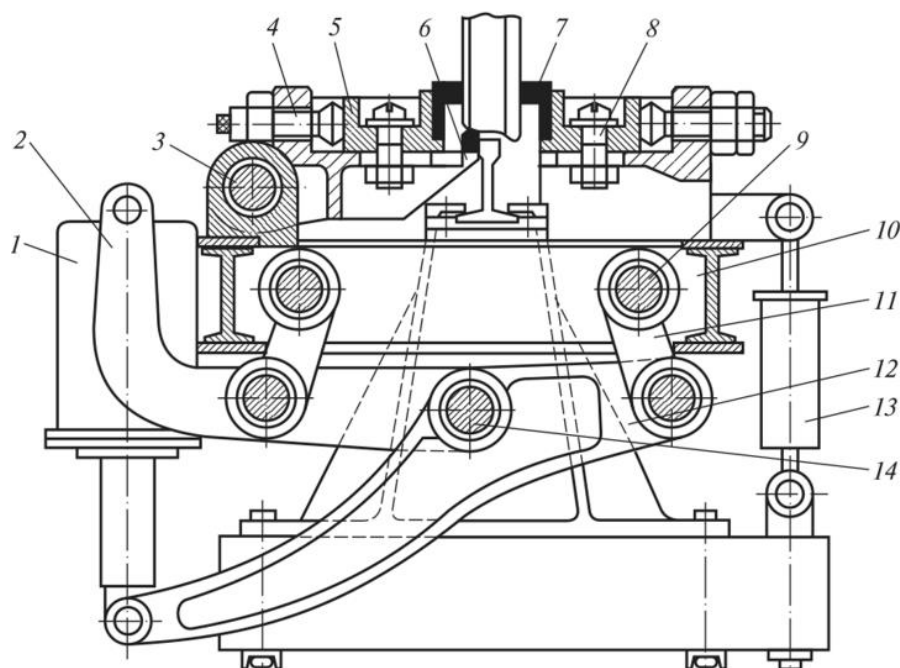


Рисунок 1 – Конструктивная схема вагонного замедлителя КВ:

1 — пневматический цилиндр; 2 — рычаг корпуса цилиндра; 3 — ось подпорной балки; 4 — регулировочный болт; 5 — тормозная балка; 6 — подпорная балка с подпорной шиной; 7 — тормозная шина; 8 — вертикальный прижимной болт; 9 — оси серег; 10 — рама; 11 — серьги; 12 — рычаг поршня цилиндра; 13 — механизм уравнивания; 14 — ось станины

Весьма серьезным недостатком замедлителя типа КВ является то, что он создает реальную угрозу безопасности роспуска составов из-за неполного соответствия требованиям габарита приближения строений, поскольку подпорная балка замедлителя имеет возвышение над УГР на 132 мм, что выше габаритного ограничения на 12 мм.

Клещевидно-нажимные двухрельсовые пневматические вагонные замедлители Т-50 используют на действующих механизированных и автоматизированных сортировочных горках для механизации торможения вагонов на спускной части горок и на парковых тормозных позициях. Они состоят из секций и звеньев. Каждая секция вагонного замедлителя Т-50 состоит из двух комплектов клещевидного рычажного механизма, установленных на двух деревянных брусках. Звеном называется часть вагонного замедлителя между осями двух ближайших секций [2,7,11]. В пятизвенном вагонном замедлителе 6 секций, в шестизвенном — 7 секций.

Общий вид замедлителя Т-50 показан на рис. 1, а его конструктивная схема — на рис. 2. Вагонные замедлители Т-50 работают по принципу клещей, которые образуются из двух рычагов — одно- и двуплечего, посаженных на общую ось. Концы рычагов соединены шарнирно с корпусом и штоком пневматического тормозного цилиндра. Тормозные балки и шины замедлителя сочленяются таким образом, что представляют собой полужесткую тормозную систему. Это обеспечивает плавность торможения.

Тормозящая сила вагонного замедлителя Т-50 зависит от давления сжатого воздуха в его тормозных цилиндрах. Она меняется без перемещения частей вагонного замедлителя. При этом только увеличивается или уменьшается усилие нажатия тормозных шин замедлителя на обод колеса вагона.

Вагонный замедлитель КНП-5 в недалеком прошлом был весьма распространенным типом клещевидно-нажимных замедлителей, разработанным на базе замедлителя Т-50. Он изготавливался 5-звенным шестисекционным. В составе замедлителя секции с двумя тормозными и четырьмя подъемными цилиндрами, соединенные между собой тормозными

балками с шинами, воздухопроводная сеть тормозных и подъемных цилиндров и промежуточные брусья с опорами.

Тормозные устройства на обеих нитках пути одинаковы и действуют независимо друг от друга [3, 12,13]. Сила торможения вагонного замедлителя КНП-5 зависит от давления сжатого воздуха в тормозных цилиндрах.

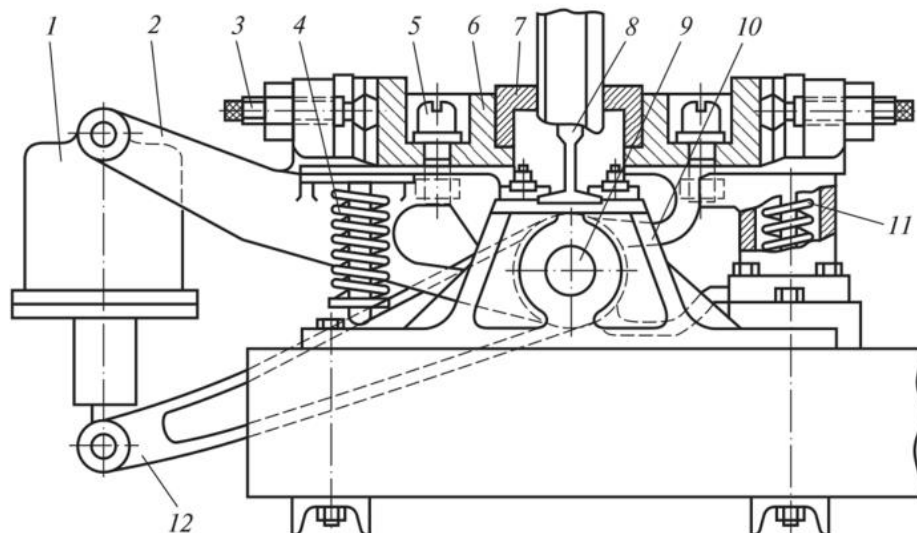


Рисунок 2 – Конструктивная схема вагонного замедлителя типа 50:

1 — пневматический цилиндр; 2 — одноплечий рычаг; 3 — регулирующий болт; 4 — пружина одноплечего рычага; 5 — вертикальный прижимной болт; 6 — тормозная балка; 7 — тормозная шина; 8 — ходовой рельс; 9 — средняя ось рычагов; 10 — подшипниковая стойка; 11 — пружина двуплечего рычага; 12 — двуплечий рычаг

Замедлитель может иметь следующие положения:

— отторможенное (тормозная система занимает нижнее положение). Через вагонный замедлитель может пропускаться весь габаритный подвижной состав вагонного и локомотивного парка;

— подготовленное к торможению (тормозная система занимает верхнее положение). Через вагонный замедлитель могут пропускаться без торможения все габаритные грузовые и пассажирские вагоны, пропуск локомотивов всех типов запрещается;

— заторможенное (тормозная система занимает верхнее положение). Через вагонный замедлитель могут пропускаться с торможением все габаритные грузовые и пассажирские вагоны, пропуск локомотивов всех типов запрещается.

Замедлители КНП-5 устанавливают в специально подготовленном открытом или закрытом котловане на щебеночный балласт и железобетонные балки, уложенные на песчаную подушку толщиной 200 мм; под каждый вагонный замедлитель укладывают три продольные железобетонные балки, а на концах их под вылет рельсов вагонного замедлителя — по одной поперечной опорной балке. Боковые стенки закрытых котлованов облицовывают железобетонными плитами подпорных стенок или плитами перекрытия каналов, а поперек путей — железобетонными балками бетонными ступенями и дополнительно к ним при оформлении откосов — плоскими плитами перекрытия каналов [4,6,8].

В числе недостатков замедлителя КНП-5, негативно влияющих на безопасность роспуска составов на горках, необходимо отметить следующие. В отличие от замедлителя Т-50, замедлитель КНП-5 снабжен дополнительными устройствами для подъема тормозных балок в рабочее положение и опускания их для пропуска по замедлителю локомотивов.

Однако в эксплуатации эти устройства оказались малоэффективными. Из-за перекосов конструкции часто они не могли выполнять функции подъема, поскольку их заклинивало. Кроме того, значительная инерционность такого замедлителя и нестабильность параметров быстрогодействия является существенной помехой при реализации требуемой точности торможения отцепов, а следовательно, и безопасности роспуска вагонов.

Как альтернатива замедлителю КНП-5, в 80-е годы прошлого века был разработан горочный нажимной вагонный замедлитель с пневмогидравлическим приводом типа ВЗПГ, отличительной особенностью которого явилось применение в его конструкции одноплечих рычагов и пневмогидравлического привода, преобразующего энергию сжатого воздуха в энергию гидравлического масла с давлением до 160 кгс/см², используемого для создания тормозного усилия. Такое техническое решение позволило значительно уменьшить удельную металлоемкость, энергопотребление и трудозатраты на обслуживание, значительно повысить надежность, быстрогодействие и тормозную мощность замедлителя ВЗПГ по сравнению с КНП-5.

При разработке замедлителя был проведен анализ кинематических схем отечественных и зарубежных замедлителей, а также различных типов применяемых в них приводов. Было доказано, что достаточно высокие результаты могут быть получены при использовании в силовой рычажной системе замедлителя рычагов первого рода. При этом система обеспечивает перевод тормозных балок из исходного положения (для пропуска локомотивов) в подготовленное и тормозное с помощью только одного механизма (а не двух, как у базового аналога — замедлителя КНП-5), что упростило конструкцию, снизило общий вес устройства и обеспечило высокий уровень симплификации. По сравнению с базовым аналогом количество узлов в кинематической цепи замедлителя ВЗПГ сократилось на 25 %. Применение пневмогидравлического привода и оригинальной конструктивной схемы обеспечило уменьшение габаритных размеров и веса замедлителя на 25 %, повысило его быстрогодействие, сократило в 3—5 раз расход энергоресурсов, позволило улучшить доступ к его механическим узлам. В то же время использование гидравлической аппаратуры потребовало более высокого качества изготовления, монтажа и технического обслуживания тормозной системы и привода замедлителя.

Литература

1. Гордиенко, Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. В сборнике: Атуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 13-17.
2. Гордиенко, Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 39-43.
3. Гордиенко, Е.П., Гордиенко Н.С., Паненко В.В. Современные технологии разработки геоинформационных систем. В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. С. 99-104.
4. Гордиенко Е.П., Гордиенко С.Н. Системы SCADA и анализ их применения. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 10-14.
5. Гордиенко, Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 14-18.

- 6.Гордиенко, Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 71-75.
- 7.Гордиенко, Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 75-78.
- 8.Гордиенко, Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 78-82.
- 9.Гордиенко Е.П., Орловцева О.В. Перспективы развития систем электрической централизации. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.
- 10.Гордиенко Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 66-71.
- 11.Гордиенко Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 62-65.
- 12.Гордиенко Е.П., Паненко Н.С. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 7-13.
- 13.Гордиенко Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. С. 55-58.
- 14.Гордиенко Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем. Естественные и технические науки. 2021. № 3 (154). С. 176-178.
- 15.Гостева, С. Р. Модернизация и устойчивое развитие Российской Федерации/С.Р. Гостева// Право и государство: теория и практика. – 2013.- № 1(97). – С. 6-12.
- 16.Гостев, Р. Г. Будущее, которого мы хотим / Р. Г. Гостев, С. Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. – 2013. – № 11(107). – С. 141-151.

УДК 656.257

ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ В МПЦ

Пришивин О.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: выполнен обзор принципов обеспечения безопасного и надежного функционирования систем МПЦ.

Ключевые слова: безопасность, централизация, привод, технология, резервирование.

Безопасность и параллельное вычисление это основные крупные проблемы, которые нужно решить при создании систем МПЦ. Одна из основных проблем возникающая при проектировании — это особенность технологического процесса управления движением поездов на станции. Эту особенность характеризуют как ответственный асинхронный параллельный процесс, так как на станции передвижения составов осуществляется независимо во времени и параллельно [1,14]. Исходя из этого в МПЦ должна производиться одновременная обработка информации о нескольких маршрутах с учетом безопасности управления.

В управляющих вычислительных системах параллельные процессы могут выполняться: последовательной, конвейерной, функциональной, матричной, мультипроцессорной обработкой информации [9,11,13].

Система с последовательной обработкой имеет один процессор, параллельные процессы в котором фактически обрабатываются по очереди. Данный принцип обработки информации возможен, если скорость вычислений процессора на порядок выше скорости изменения данных технологического процесса. В таком случае создается видимость параллельности вычислений [2,10].

Под функциональной обработкой понимается, что система имеет несколько независимых устройств, которые выполняют различные функции одновременно.

Конвейерная обработка — заключается в разбиении вычислительного процесса на некоторое количество частей, реализуются которые параллельно-последовательно в различных процессорах.

При матричной обработке — вычисления обеспечивает матрица процессорных элементов с совместной системой управления.

Система с мультипроцессорной обработкой использует несколько процессоров, имеющих общие шины и общую память для обмена информацией друг с другом.

Вторая основная проблема в МПЦ — обеспечение безопасности. В МПЦ основной идеей безопасности является то, что одиночные дефекты аппаратных, а также программных средств не должны приводить к опасным отказам устройств и должны обнаруживаться при рабочих или тестовых воздействиях, не позже, чем в системе возникнет повторный дефект. Безопасности в МПЦ достигается резервированием аппаратных и программных средств, организацией внутри процессорного и межпроцессорного контроля, а также к безопасному поведению при отказах [5,12].

Методы повышения безопасности систем автоматики достигаются за счет:

повышения безотказности — минимизации логических схем; снижения интенсивности потоков отказов элементов;

обеспечение отказоустойчивости: резервирование; техническое диагностирование;

обеспечения безопасного поведения при отказах: использования элементов с несимметричными отказами; безопасного кодирования внутренних состояний; резервировании элементов с опасными отказами; использования самопроверяемых схем.

Для резервирования аппаратных средств применяют многоканальные системы с мягкой или жесткой синхронизацией каналов. Использование безопасных схем сравнения позволяет осуществлять сравнение результатов обработки информации в этих каналах. Также в многопрограммных системах используется резервирование программного обеспечения [3,4,8].

Для обнаружения отказов с максимально возможной глубиной и скоростью используется внутри процессорный контроль, он производит тестирование системы в отведенные для этого промежутки времени или с помощью применения принципов самоконтроля.

Межпроцессорный контроль заключается во взаимной проверке работы процессоров на уровне системных шин, памяти, выходов.

Так, на примере МПЦ Ebilock-950, обработкой всех ответственных данных осуществляется 2-мя диверситивными программами, они идентично работают в одноканальной системе, но пользуются ей по-разному. Данные программы создаются разными группами разработчиков.

Полученные данные из программ попеременно посылаются в устройство управления объектом, где они будут сравниваться [6,7]. Команда управления объектом будет отправлена только при точном совпадении полученных данных. Передаваемые попеременно извещения устройства управления объектом, также созданы диверситивными программами, сравниваются в центральном блоке обеспечения безопасности программными средствами. Для более высокой эксплуатационной готовности возможно резервирование центрального блока обеспечения безопасности, при этом, резервная ЭВМ будет получать всю информацию от рабочей ЭВМ.

Все микропроцессорные системы, рассматриваемые как объект диагностирования, являются сложной вычислительной структурой с магистральной (шинной) организацией, представленной на рисунке 1. В основе микропроцессора лежат четыре основные группы больших интегральных схем (БИС): микропроцессор; память; контролеры ввода-вывода; контролеры связи с объектами.

Каждая представленная функциональная подсистема достаточно сложна с точки зрения диагностирования и для организации функционального и тестового диагностирования необходимо использовать декомпозиционный подход. Данный подход заключается в разделении подсистем на отдельные функциональные устройства:

- процессор;
- арифметико-логические устройства (АЛУ);
- постоянно запоминающее устройство (ПЗУ);
- оперативно запоминающее устройство (ОЗУ);
- устройства ввода-вывода;
- корпуса средних и больших интегральных схем;
- отдельные типовые элементы замены.

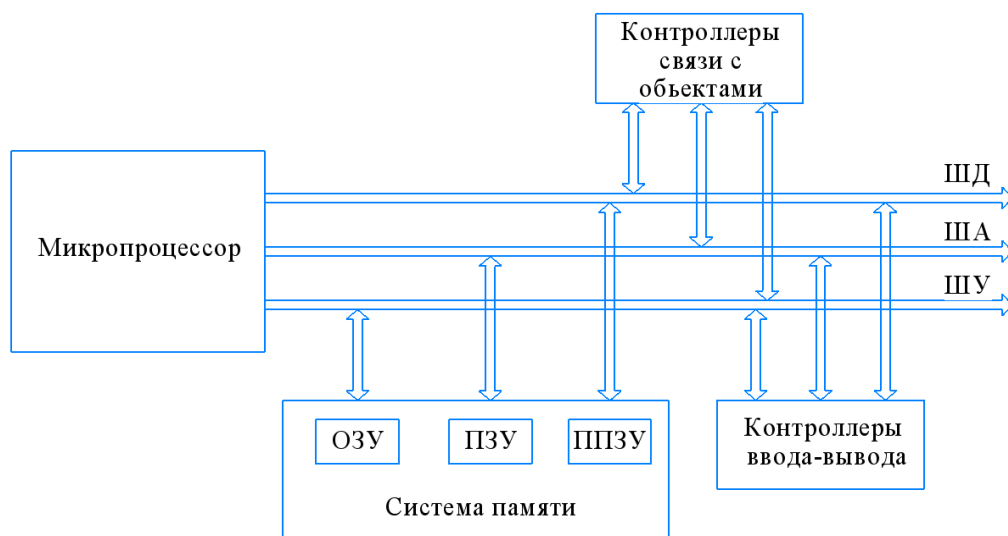


Рисунок 1 – Структурная схема микропроцессорной системы

Структура микропроцессорной системы состоит из: ОЗУ - оперативное запоминающее устройство; ПЗУ - постоянное запоминающее устройство; ППЗУ - программируемое постоянно запоминающее устройство; ШД - шина данных; ША – шина адреса; ШУ – шина управления.

Для тестирования микропроцессоров создают специальные методы диагностирования, которые основываются на использовании функциональных тестов и обеспечивают выполнение операций микропроцессора на некотором количестве операндов.

На данный момент применяют три способа построения тестов для микропроцессора и микропроцессорных систем: модульный, микропрограммный, функциональный.

В модульном подходе БИС представляют собой наборы функционально законченных модулей (регистры, сумматоры, и др.). Создается частный тест, для каждого такого модуля, а общий тест строится методом соединения частных тестов на основе магистральной организации передачи данных между модулями.

Микропрограммный подход – создается выбором некоторой микропрограммы, которая состоит из связанных микроопераций и передающая данные от внешних входов к внешним выходам данного устройства. После этого находится та часть аппаратуры, которая участвует в выполнении выбранной микропрограммы, подбирают к ней операнды, которые будут обнаруживать неисправности данной части аппаратуры при выполнении каждой микрооперации.

Под функциональным подходом понимается тестирование функций микропроцессорной системы. Список команд будет являться источником информации об операциях микропроцессора. Тестируется каждая функция, а также та часть аппаратуры микропроцессора что реализует данную функцию.

Совершенствование средств вычислительной техники создало причины для улучшения систем диагностирования. Совершенствование позволяет все больше задач возложить на программное обеспечение и благодаря этому упростить аппаратную часть данных систем, повысить уровень автоматизации процесса диагностирования и обеспечить накопление и возможность компьютерной обработки информации. Повышение эффективности диагностирования может быть также достигнуто за счет использования мониторинга состояния и функционирования напольного оборудования ЖАТ, реализуемого в виде сбора и централизованной обработки данных от средств диагностирования и от устройств ЖАТ.

К напольным устройствам ЭЦ относятся: стационарные светофоры, стрелочные электроприводы, рельсовые цепи и различные датчики.

Стационарные светофоры. В настоящее время новые станции оборудуют светофорами со светодиодными головками, но несмотря на массу преимуществ они существенно проигрывают ламповым линзовым светофорам, по причине более сложного построения схем контроля горения огней. Есть также и другие особенности внедрения данных светофоров: несмотря на более яркий и насыщенный цвет сигнала, встает вопрос стабильности заданной цветности. У данных светофоров красный и желтый цвета, не зависящие от качества светофильтра, имеющие самое большое значение для безопасности, гарантировать не изменение длинны волны в зависимости от температуры невозможно. Из-за этого красный и желтый цвет свечения с трудом дотягивают до регламентируемых норм, а по мере старения светодиодов она будет также уменьшаться.

Стрелочные электроприводы. В ЭЦ используют стрелочные электроприводы с внутренним запирающим острием следующих типов:

Неврезной стрелочный привод типа СП, устанавливаемый на стрелочных переводах из рельсов тяжелых типов Р65, Р75, с подвижным сердечником крестовин. Данный привод осуществляет совместный перевод и одновременное запирание обоих остриев стрелки, он более надежный в работе чем взрезной, из-за отсутствия взрезного механизма при взрезе стрелки происходит поломка его частей;

Неврезные электроприводы новой конструкции типов ВСП-150, ВСП-2×150Д, отличие данных стрелочных электроприводов в превосходстве над серией СП практически по всем техническим и прочностным параметрам. Особенностью конструкции электропривода ВСП-150 является то, что ремонт или замена отдельных элементов не приводит к потере функциональности других узлов.

Взрезной стрелочный привод типа СПВ, который используется на стрелках в маневровых районах станций и на промышленном транспорте;

Взрезной привод новой конструкции типа ВСП-200.

Рельсовые цепи (РЦ). В СЦБ рельсовые цепи являются основным элементом ЖАТ. РЦ фиксирует состояние рельсовой цепи, занятое или свободное от подвижного состава, и передает эту информацию различным системам регулирования движения поездов.

Различные датчики. В зависимости от их функционального назначения они делятся на две группы: информационные и импульсные. Информационные датчики в зависимости от вида информации, предоставляемой выходными сигналами, в свою очередь делятся на: датчики состояний и параметрические датчики. Датчики состояний дают информацию о состоянии объекта управления и контроля в виде «объект включен – объект выключен» и тому подобное. Параметрические датчики – дают информацию о значениях параметров контролируемого объекта. Датчики импульсов – вырабатывают сигналы, которые необходимы для работы разных устройств ЖАТ. Датчики делятся так же и от способа коммутации электрических цепей: контактные, бесконтактные. Существуют датчики, для работы которых необходим внешний источник питания – пассивные, и которые могут работать без внешнего источника питания – активные.

В дипломном проекте приведена статистика по отказам устройств СЦБ на объектах Юго-Восточной железной дороги, контролируемых с помощью автоматизированной системы диспетчерского контроля (АСДК) за период 1.01.2017 по 12.02.2020. Отказы были взяты из комплексной автоматизированной системы учета, контроля и устранения отказов технических средств и анализа их надежности (КАС АНТ).

Приведенная статистика включает только оборудование станций, без перегонных устройств. Всего за данный период произошло 174 отказа, из них 29 отказов произошло по вине заводов изготовителей оборудования, и 3 отказа произошло при допуске ошибке в строительстве и монтаже новых устройств.

Общее числа отказов по каждому элементу СЦБ показано на рисунке 2. Светофоры изображены на рисунке 3. Из 174 отказов на светофоры приходится 16. Основные причины отказов светофоров: перегорание светофорных ламп; нарушение контакта в ламподержателе; неисправность монтажа; отказ светооптических светодиодных систем; остальные причины (в том числе случаи умышленной порчи и вандализма).

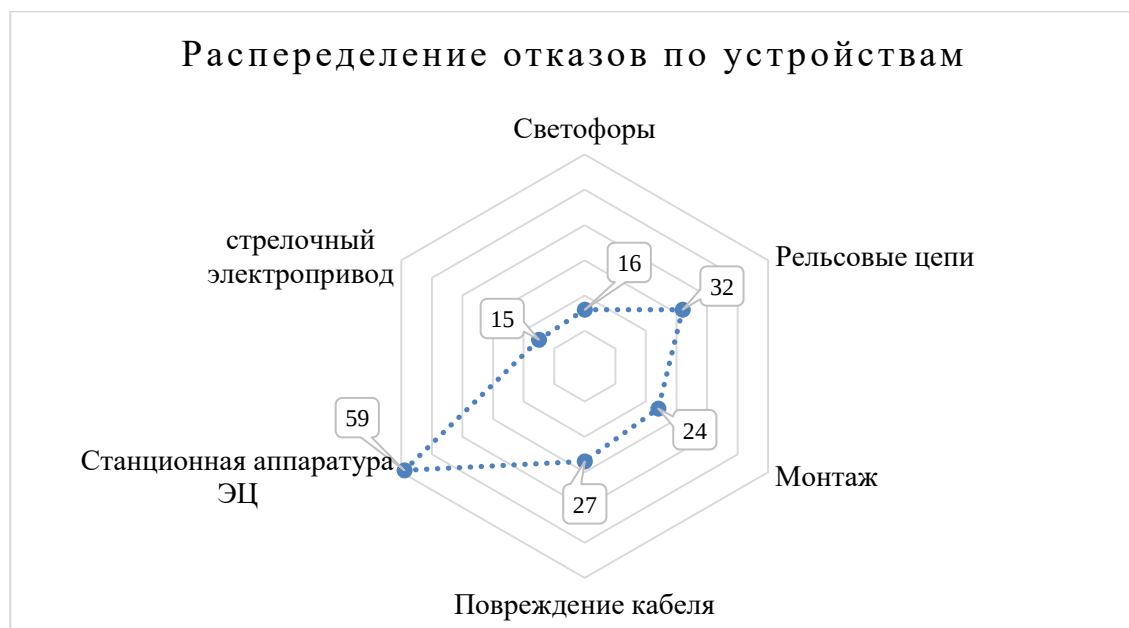


Рисунок 2 – Распределение по причинам отказов в устройствах СЦБ.

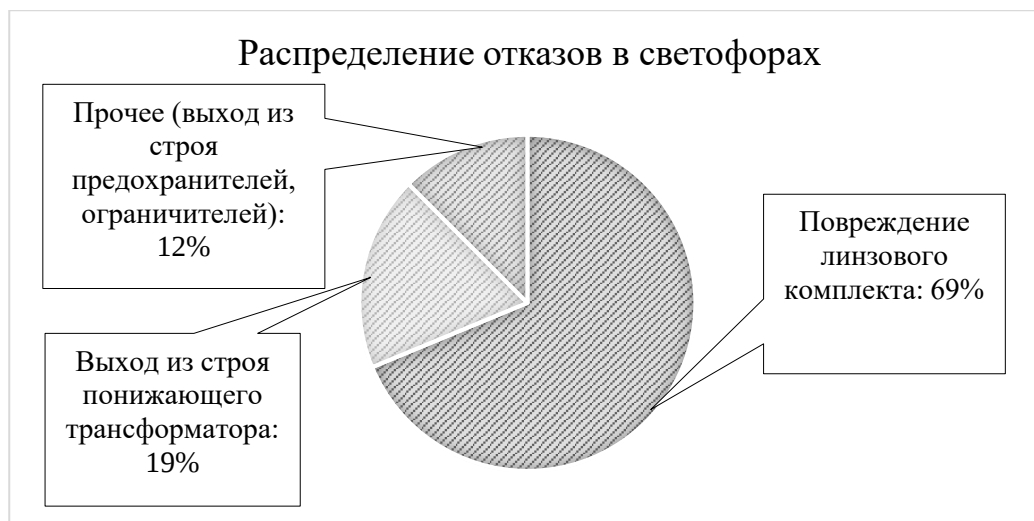


Рисунок 3 – Распределение отказов в светофорах

Рельсовые цепи представлены на рисунке 4. В пределах взятого периода произошло 32 отказа, из которых 13 раз РЦ отказывала полностью по различным причинам. Наиболее часто встречающиеся причины отказов рельсовой цепи являются: неисправность изостыков; обрыв стыковых соединителей; закорачивание РЦ; неисправность аппаратуры рельсовой цепи; неисправность изоляции стрелки. На диаграмме отражен процент отказов по различным причинам.

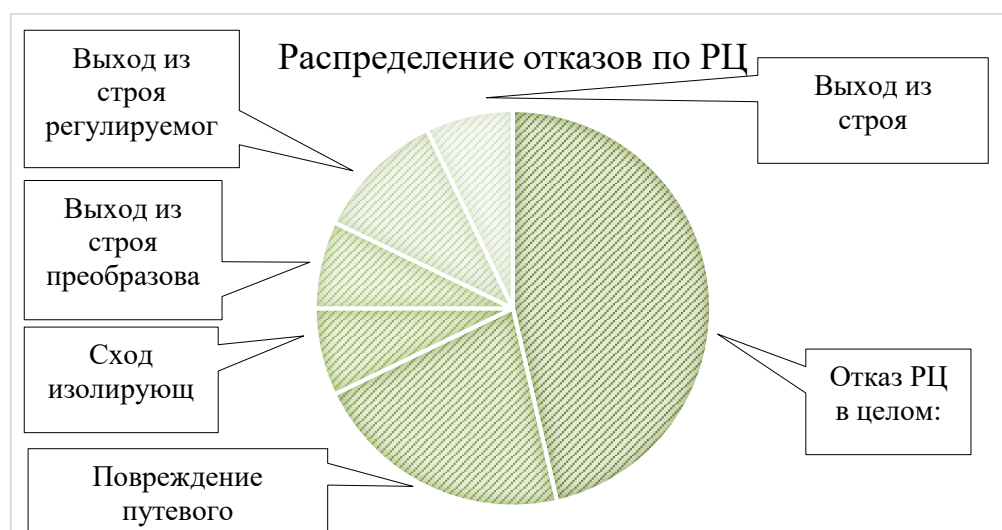


Рисунок 4 – Распределение отказов по РЦ

Монтаж аппаратуры. Данные отказы возникают из-за ошибок и плохого выполнения работ обслуживающим персоналом. За рассматриваемый период произошло 24 отказа, из них в стативах для размещения постовых устройств ЭЦ произошло 7 отказов, и 17 отказов в навесном монтаже аппаратуры постовых устройств ЭЦ. Причинами отказов монтажа в релейных шкафах и стативах являются: потеря контакта в штепсельных розетках; неисправности монтажа (обрыв, к.з., нарушение изоляции); нарушение пайки монтажных проводов; потеря контакта в разъёмах блоков; потеря контакта в съёмных платах; потеря контакта в клеммных колодках.

Кабель и изоляция кабельной линии. Повреждения в кабельной линии разнообразны и в основном возникают из-за: старения оболочки кабеля; сложных погодных условий; по вине строительных и других организаций, при работе путевых машин, а также в результате

воздействии посторонних лиц (кражи, порчи). Все произошло 27 отказов за рассматриваемый период времени.

Аппаратура, расположенная на посту ЭЦ представлена на рисунке 5. За приведенный период в МПЦ произошла только одна неисправность на станции Кирсанов - неисправное состоянии основного и резервного пультов ДСП (АРМ МПЦ). В большинстве случаев отказы происходили из-за выхода из строя блоков и отдельных реле РЦ. К причинам отказов в реле и блоках относится: обрыв, к.з. обмотки; потеря или повышенное переходное сопротивление контактов из-за подгорания; низкое качество угольных контактов; стирание угольного контакта из-за длительной эксплуатации; несоответствия механических характеристик установленным нормам.



Рисунок 5 – Распределение отказов по устройствам на посту ЭЦ

Стрелочный электропривод. Из 15-ти отказов на гарнитуру стрелочного привода приходится 2 отказа, остальные отказы появляются в результате отказа следующих узлов: большая часть из них приходится на автопереключатели; стрелочные электродвигатели постоянного тока; курбельный контакт; неисправность монтажа; фрикционная муфта; стрелочные электродвигатели переменного тока; шибер и контрольные линейки; редуктор; прочие.

Литература

1. Гордиенко, Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 13-17.
2. Гордиенко, Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 39-43.
3. Гордиенко, Е.П., Гордиенко Н.С., Паненко В.В. Современные технологии разработки геоинформационных систем. В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. С. 99-104.
4. Гордиенко, Е.П., Гордиенко С.Н. Системы SCADA и анализ их применения. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды

- международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 10-14.
5. Гордиенко, Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 14-18.
 6. Гордиенко, Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 71-75.
 7. Гордиенко, Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 75-78.
 8. Гордиенко, Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 78-82.
 9. Гордиенко, Е.П., Орловцева О.В. Перспективы развития систем электрической централизации. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.
 10. Гордиенко Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 66-71.
 11. Гордиенко, Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 62-65.
 12. Гордиенко, Е.П., Паненко Н.С. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 7-13.
 13. Гордиенко, Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. С. 55-58.
 14. Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем. Естественные и технические науки. 2021. № 3 (154). С. 176-178.
 15. Гостева, С. Р. Модернизация и устойчивое развитие Российской Федерации/С.Р.Гостева// Право и государство: теория и практика. – 2013.- № 1(97). – С. 6-12.
 16. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/ Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева//Право и государство: теория и практика.-2013.-№ 11(107). – С. 141-151.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРЦ

*Аксенов Д.А.**Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Аннотация: выполнен анализ проблем, возникающих при построении и обслуживании систем с ТРЦ.

Ключевые слова: маршрут, централизация, привод, технология, проверка.

Название тональных рельсовых цепей появилось в 90-м году, хотя рельсовые цепи с тональными частотами и бесконтактной аппаратурой были разработаны и начали применяться гораздо раньше [1,9,11,13]. Так, в системе ЧАБ они назывались частотными РЦ, в системах автоблокировки с централизованным размещением аппаратуры (ЦАБ) - бесстыковыми рельсовыми цепями (БРЦ), а рельсовые цепи, оптимизированные для низкого сопротивления балласта, называли БРЦ-НСБ.

В настоящее время тональные рельсовые цепи (ТРЦ) активно эксплуатируются при отсутствии изолирующих стыков (ИС), вследствие чего повышаются их эксплуатационно-экономические характеристики. Для определения критериев работы рельсовой цепи с ИС используют общие, а также основные схемы замещения [2,6,10]. В бесстыковых рельсовых цепях (БРЦ) проблема усугубляется из-за необходимости учета влияния смежных рельсовых цепей (РЦ).

Необходимо отметить, что ТРЦ и их аппаратура развивались весьма динамично и претерпели при этом большие изменения как по принципу построения и технической реализации, так и в отношении оптимизации их характеристик [3].

На первом этапе (в системе ЧАБ) это были РЦ с изолирующими стыками и относительно низкими частотами (125 - 375 Гц). Это позволяло использовать известные методы синтеза и расчета рельсовых цепей. Классическое построение РЦ (питание на выходном конце БУ, а приемная аппаратура - на входном) и использование общего сигнала для контроля состояния БУ и передачи информации привели к необходимости применения гетеродинного приемника, существенному усложнению схемы и увеличению объема аппаратуры.

В дальнейшем в ТРЦ функции передачи информации между светофорами и на локомотив были исключены. Кроме того, существенно изменилась структура ТРЦ - в системе ЦАБ впервые были применены рельсовые цепи без изолирующих стыков с питанием двух смежных РЦ от одного генератора [4,8,14].

Такая структура ТРЦ привела к существенному упрощению схемы, уменьшению объема аппаратуры и числа жил соединительного кабеля. Однако отсутствие изолирующих стыков потребовало разработки новых методов для оптимизации параметров и для расчета зоны дополнительного шунтирования неограниченных РЦ (рельсовых цепей, у которых сопротивление РЛ не ограничивается в зоне установки изолирующих или электрических стыков).

Защита от взаимного влияния РЦ осуществляется чередованием частот генераторов и применением на приемном конце безопасных фильтров для разделения этих частот. Для повышения защищенности от гармоник тягового тока и защиты от влияния РЦ параллельного пути применяется амплитудная модуляция сигнального тока с разной частотой модуляции.

Аппаратура таких РЦ первоначально проектировалась для случая ее размещения в отапливаемых станционных помещениях с температурой окружающей среды от +5 до +40⁰С при автономной тяге и тяге постоянного тока (аппаратура первого поколения). Затем эта аппаратура была усовершенствована для применения в неотапливаемых помещениях и в релейных шкафах при температуре от -45 до +65⁰С (аппаратура второго поколения, взаимозаменяемая с предыдущей и применяемая с 1986 года).

Опыт разработки и эксплуатации указанных ТРЦ, а также необходимость их использования на участках с электрической тягой переменного тока и на участках с пониженным сопротивлением балласта привели к дальнейшему совершенствованию аппаратуры ТРЦ [5,6,7]. В аппаратуре третьего поколения, применяемой при любых видах тяги и на участках с нормальным и пониженным сопротивлением балласта, были несколько изменены частоты, оптимизированы параметры аппаратуры, повышена помехозащищенность приемных устройств, существенно сокращено количество применяемой аппаратуры и ее габариты. В системе АБТ эти рельсовые цепи получили наименование ТРЦ3 (рельсовые цепи третьего типа).

Разработка системы АБТ без изолирующих стыков потребовала решения вопроса четкой фиксации границ БУ. Для этого была создана тональная рельсовая цепь четвертого типа ТРЦ4 с малой величиной зоны дополнительного шунтирования.

В настоящее время ТРЦ благодаря ряду эксплуатационных, технических и экономических преимуществ находят все более широкое применение на железных дорогах и линиях метрополитенов России. В новом строительстве применяют системы АБ и электрической централизации только с тональными рельсовыми цепями. Использование ТРЦ позволило внедрить АБ с централизованным размещением аппаратуры, оборудовать автоблокировкой участки с пониженным сопротивлением балласта. Перспективными направлениями также являются: оборудование тональными рельсовыми цепями участков приближения к переездам, применение их для контроля освобождения переезда без установки изолирующих стыков, для контроля состояния перегона при ПАБ, использование ТРЦ для организации защитных участков в традиционных системах АБ.

Литература

1. Гордиенко, Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. В сборнике: Атуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 13-17.
2. Гордиенко, Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 39-43.
3. Гордиенко, Е.П., Гордиенко Н.С., Паненко В.В. Современные технологии разработки геоинформационных систем. В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. С. 99-104.
4. Гордиенко, Е.П., Гордиенко С.Н. Системы SCADA и анализ их применения. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 10-14.
5. Гордиенко, Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 14-18.
6. Гордиенко, Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 71-75.
7. Гордиенко, Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды

- Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 75-78.
- 8.Гордиенко, Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 78-82.
- 9.Гордиенко, Е.П., Орловцева О.В. Перспективы развития систем электрической централизации. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.
- 10.Гордиенко, Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 66-71.
- 11.Гордиенко, Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 62-65.
- 12.Гордиенко, Е.П., Паненко Н.С. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 7-13.
- 13.Гордиенко, Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. С. 55-58.
- 14.Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем. Естественные и технические науки. 2021. № 3 (154). С. 176-178.
- 15.Гостева, С.Р. Переход к устойчивому развитию – определяющая парадигма модернизации России // Регион: системы, экономика, управление. -2013. -№ 1(20). - С.8 - 20.
- 16.Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/ Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева//Право и государство: теория и практика.-2013.-№ 11(107). – С. 141-151.

УДК 656.257

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ
«ЕВІЛОСК-950»

Киенко М.С.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: выполнен анализ структуры и особенностей применения МПЦ «Ebilock-950» .

Ключевые слова: маршрут, централизация, привод, технология, проверка.

МПЦ «Ebilock-950» предназначена для автоматизации задания маршрутов, управления и контроля объектами на станции и обладает рядом преимуществ по сравнению с централизацией релейного типа. Она более надежна, функциональна, информативна, проста в эксплуатации и более рентабельна.

Микропроцессорная централизация МПЦ «Ebilock-950» строится по трехуровневой структуре, где верхний уровень - это управляющая и контролирующая система, которая состоит из автоматизированного рабочего места дежурного по станции (АРМ ДСП), электромеханика (АРМ ШН), пункта технического обслуживания вагонов (АРМ ПТО),

оператора местного управления стрелками. Ко второму уровню относятся: центральная система обработки зависимостей централизации (центральное процессорное устройство) и система объектных контроллеров [3,8,14]. Третий уровень включает управляемые и контролируемые объекты СЦБ (стрелочные электроприводы, светофоры, переезды, рельсовые цепи и др). Структурная система МПЦ приведена на рисунке 1.

Центральный компьютер, безопасным способом осуществляет все взаимозависимости, принятые для электрических централизации стрелок и сигналов [1,6,7,11].

Он также поддерживает связь с системами управления и наблюдения (АРМ ДСП и АРМ ШН) и системой объектных контроллеров, которые позволяют взаимодействовать с отечественными рельсовыми цепями, сигналами, электроприводами, реле и выполнять «увязку» со всеми существующими системами автоблокировки, переездной сигнализацией и другими системами [2,9,13]. Связь центрального компьютера с объектными контроллерами осуществляется по четырёхпроводному кабелю через модемы и концентраторы.

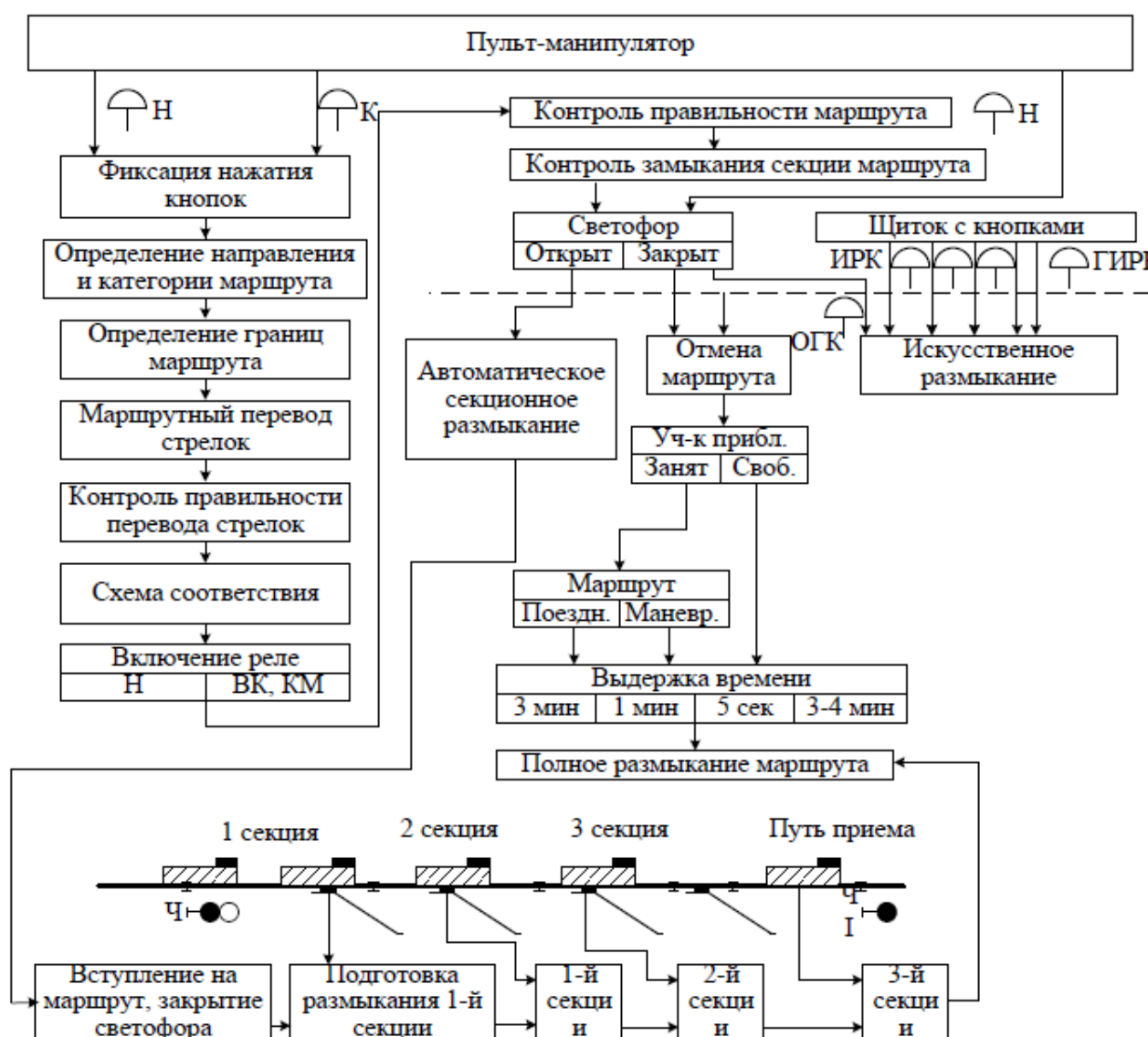


Рисунок 1 – Структурная схема

Для всех операторов системы (ДСП, ШН и т.д.) создается универсальное программное обеспечение (ПО), в котором имеется возможность включения и выключения необходимых и дополнительных функций управления и контроля для конкретного рабочего места.

Использование новой элементной базы и современных принципов построения позволило реализовать некоторые дополнительные функции, в число которых входит возможность фиксации и длительного хранения информации о любых изменениях, происходивших с системой, и воздействиях оперативного персонала. Другими словами, МПЦ «Ebilock-950» позволяет протоколировать действия персонала, работу системы управления и исполнительных устройств (функция чёрного ящика).

В настоящее время возможность протоколирования информации - это обязательное требование ко всем новым системам управления и контроля, в том числе отвечающим за безопасность перевозочного процесса. Необходимость эта обусловлена тем, что использование результатов анализа протоколов микропроцессорных и релейно-процессорных централизаций существенно упрощает расследование причин крушений, аварий и случаев брака, в том числе брака особого учёта [4].

Как показывает практика, в этих случаях существует необходимость в информации о: поездной ситуации, которая предшествовала аварии; состоянии объектов управления и контроля (стрелки, участки путевого развития, другие напольные объекты); действиях оператора; приказах на управление объектами, формируемых системой [5].

Эта информация содержится в протоколах МПЦ «Ebilock-950». Кроме того, имеется информация о состоянии самой МПЦ и АРМов, включая данные о выполняемых в данный момент действиях, режимах работы АРМов и их работоспособности, действиях операторов АРМов в соответствии со сложившейся обстановкой.

Протоколы в МПЦ «Ebilock-950» представляют собой базу данных, в которой содержится последовательность записей об изменении состояний объектов контроля и управления. Протоколы хранятся в двух файлах, имеющие разные форматы.

Отдельный случай – протоколирование данных о результатах самодиагностики АРМа. Из-за особенности временной диаграммы рабочего цикла АРМа, информация о работе подсистемы самодиагностики должна заноситься в протокол не в текущем, а в следующем рабочем цикле. Однако такой режим работы не приводит к потере информации, т.к. в случае, когда какие-либо тесты не проходят в процессе тестирования подсистем компьютера АРМа, то происходит выключение данного компьютера. При отключении компьютера одним из этапов является вызов процедуры протоколирования с целью сохранения всех возможных данных о работе компьютера, его «посмертного» дампа (слепок, отпечаток) информации.

Протоколирование результатов работы системы и действий оператора осуществляется в течение смены непрерывно и архивируется на жестких дисках АРМ ДСП (сохраняется не менее одного года). Протоколирование результатов работы центрального компьютера также осуществляется за всю смену и архивируется на жестких дисках центрального компьютера. Объем сохраняемой информации зависит от системных настроек и от свободного пространства на жестком диске [10,13].

Имеется возможность хранения протоколов на гибких магнитных дисках или других носителях. Существует возможность просмотра протокола на мониторе и его распечатка. Специализированная программа просмотра протоколов входит в пакет ПО, поставляемое вместе с системой. В настоящее время анализ протоколов в МПЦ «Ebilock- 950» осуществляется человеком без помощи специальных программных средств. Для просмотра и анализа протокола работы МПЦ необходимо использовать отдельный комплекс технических средств или АРМ, свободный в данный момент от выполнения своих основных функций.

Для работы с протоколом системы требуется следующий обязательный набор технических средств:

- а) отдельное рабочее место на базе персонального компьютера или АРМ;

б) программное обеспечение для восстановления первоначального вида протокола работы АРМа и системы МПЦ из архива, хранящегося на гибких дисках; в) ПО для просмотра текстовых файлов.

Кроме этого может использоваться программа-имитатор напольных устройств станции и системы МПЦ, которая при вводе в АРМ файла протокола дает наглядное представление о поездном положении, состоянии объектов контроля и управления на станции и состоянии системы МПЦ на момент ведения данного протокола работы комплекса.

Для более эффективного просмотра и анализа протоколов в пакет ПО, поставляемого вместе с системой, входит программа фильтрации протоколов.

Программа фильтрации протоколов позволяет осуществлять выборку данных за определенный период, (по одному или нескольким параметрам, названию объекта и его состоянию, авариям и отказам и по другим параметрам). Интерфейс программы фильтрации эргономичен при работе с ним.

По сравнению с аналогичными системами других разработчиков система «Ebilock-950» имеет возможность идентификации пользователей. Каждый пользователь системы имеет индивидуальный пароль, поэтому не составляет труда определить, кто из оперативного персонала работал с системой или протоколами. Другими словами файлы, содержащие протоколы, защищены от удаления и корректировки ограничением количества пользователей системы, кроме случаев удаления информации с истекшим сроком хранения.

На основе информации протоколов МПЦ «Ebilock-950» можно проанализировать корректность выполнения системой алгоритмов работы электрической централизации. Данные, сохраняемые в протоколе работы АРМа, обеспечивают возможность последующего анализа и разбора поездной обстановки, работы устройств контроля и управления на станции, работы системы МПЦ и самого АРМа, а также действий оператора в сложившихся условиях.

По архиву можно определить ряд важных параметров работы напольных устройств сигнализации, централизации и блокировки, например, время перевода стрелки из одного положения в другое, замедления перекрытия светофора с разрешающего показания на запрещающее, размыкания секций после проследования поезда и другое. Кроме того, имея такого рода информацию, можно осуществлять сбор статистики, связанной с: надежностью как самой системы, так и отдельных узлов и компонентов (число отказов, наработка на отказ, интенсивность опасных отказов и т.д.); поездной ситуацией (количество пар поездов в сутки, информация о маневровой работе, простоях и задержках поездов и т.д.).

После анализа протоколов можно сделать вывод об эффективности действий оператора в различных ситуациях и дать рекомендации, направленные на увеличение эффективности его деятельности. Кроме того, наличие протоколов позволяет использовать их при проведении сертификационных работ по оценке корректности прикладных алгоритмов систем и проверке безопасности их работы на этапах опытной и постоянной эксплуатации.

К недостаткам организации протоколирования в микропроцессорной централизации «Ebilock-950» можно отнести следующее.

Ведение и хранение протокола (нерезервируемого и основного) на персональной ЭВМ АРМа МПЦ может привести к потере информации в случае выхода из строя жесткого диска машины. При этом восстанавливать данные придется из протокола центрального компьютера, который для этого не предназначен.

Наличие двух файлов протоколов (к тому же разного вида) осложняет процедуру обработки их программными средствами.

Необходимость использования отдельного комплекса технических средств или АРМ-МПЦ, свободного в данный момент от выполнения своих основных функций, также

осложняет процесс просмотра и анализа протокола работы МПЦ. Функциональное построение аппаратных средств центральной системы централизации показано на рисунке 2.

В целом, подсистема протоколирования в системе МПЦ «Ebilock-950» имеет как положительные, так и отрицательные стороны и не лишена недостатков. Некоторые особенности подсистемы протоколирования в системе «Ebilock-950» можно использовать при разработке требований к подсистемам протоколирования в компьютерных системах железнодорожной автоматики и телемеханики. Структура системы «Ebilock-950» показана на рисунке 3.

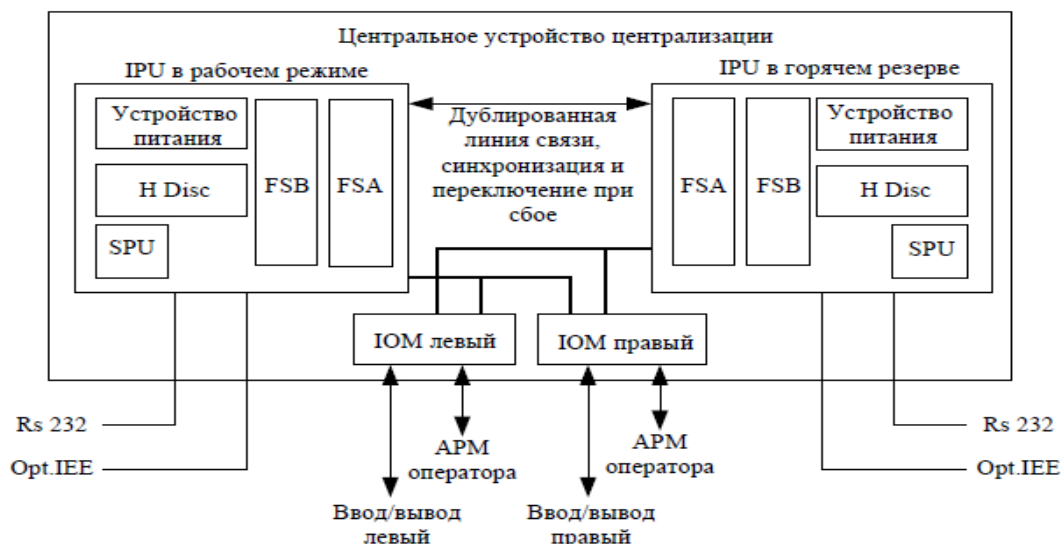


Рисунок 2 – Функциональное построение аппаратных средств центральной системы централизации

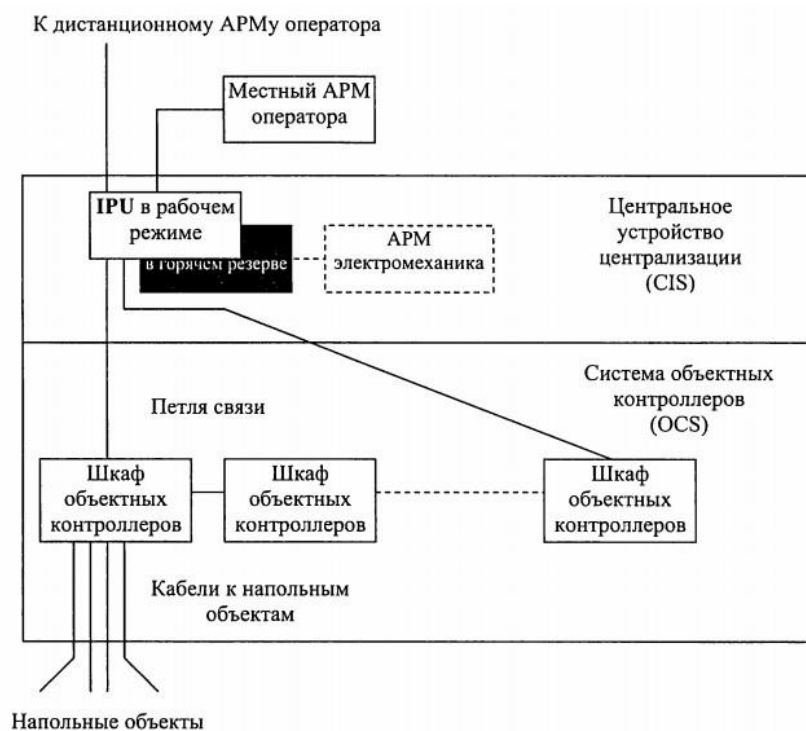


Рисунок 3 – Система «Ebilock 950»

Платформа является избыточной системой, состоящей из двух устройств обработки зависимостей (IPU - InterlockingProcessingUnit) (дублированная системная конфигурация),

которые распределяют несколько общих каналов связи. Такая избыточная конфигурация гарантирует высокую готовность одного из двух устройств обработки зависимостей при сбое. Система программного обеспечения поддерживает требуемые функции, управляет аппаратными средствами, обеспечивает синхронизацию и доступ к портам связи.

Посредством программного управления работающая система может посылать обновленную информацию по прямому высокоскоростному каналу в соответствующее обрабатывающее устройство системы, находящейся в горячем резерве.

Системная платформа состоит из двух идентичных синхронизированных систем, одна из которых работает как нормальная система (в режиме online), а вторая работает в фоновом режиме (горячий резерв). Система, работающая в горячем резерве, не оказывает влияния на функции работающей в режиме on-line системы, но данные ее постоянно обновляются прикладным программным обеспечением системы, работающей в режиме on-line. Система, работающая в горячем резерве, может перейти в режим on-line в случае отказа (сбоя) системы, работавшей в режиме on-line.

Каждое из устройств обработки зависимостей имеет переднюю панель с переключателями ручного управления и асинхронный последовательный канал для интерфейса с АРМом электромеханика (FEU). Платформа имеет файловую систему на диске для программной загрузки, протоколирования событий и дампов памяти после системного сбоя.

Каждое устройство обработки зависимостей (IPU) использует свою собственную подсистему связи, подключенную к общему связевому модулю, для обеспечения связи с концентраторными петлями связи в количестве от одной до двенадцати, и с двумя независимыми системами управления и отображения (АРМами).

Литература

1. Гордиенко Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. В сборнике: Атуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 13-17.
2. Гордиенко Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 39-43.
3. Гордиенко Е.П., Гордиенко Н.С., Паненко В.В. Современные технологии разработки геоинформационных систем. В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. С. 99-104.
4. Гордиенко Е.П., Гордиенко С.Н. Системы SCADA и анализ их применения. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 10-14.
5. Гордиенко Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 14-18.
6. Гордиенко Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 71-75.
7. Гордиенко Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы

развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 75-78.

8.Гордиенко Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 78-82.

9.Гордиенко Е.П., Орловцева О.В. Перспективы развития систем электрической централизации. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.

10.Гордиенко Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 66-71.

11.Гордиенко Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 62-65.

12.Гордиенко Е.П., Паненко Н.С. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 7-13.

13.Гордиенко Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. С. 55-58.

14.Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем. Естественные и технические науки. 2021. № 3 (154). С. 176-178.

15.Гостева, С.Р. Переход к устойчивому развитию – определяющая парадигма модернизации России // Регион: системы, экономика, управление. -2013. -№ 1(20). - С.8 - 20.

16.Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/ Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева//Право и государство: теория и практика.-2013.-№ 11(107). – С. 141-151.

УДК 656.257

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ АБТЦ-М

Никитенко А.Ю.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: выполнен анализ особенностей применения системы интервального регулирования и обеспечения безопасности движения поездов на перегонах АБТЦ-М.

Ключевые слова: светофор, централизация, перегон, технология, сигнализация.

АБТЦ-М представляет собой систему интервального регулирования и обеспечения безопасности движения поездов на перегонах скоростных, магистральных и малодеятельных участков железных дорог. Движение поездов осуществляется как по сигналам напольных светофоров с дублированием их показаний сигналами систем локомотивной сигнализации (АЛСН и/или АЛС-ЕН), так и с использованием АЛС-ЕН как основного средства интервального регулирования с возможностью использования дублирующего радиоканала передачи информации на локомотив [4,8,10].

Система предназначена для оборудования однопутных, двухпутных и многопутных участков железных дорог, оборудованных системами электротяги постоянного или переменного тока, а также автономными видами тяги; участков с централизованным электроснабжением пассажирских вагонов; участков обращения локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава с импульсным регулированием тяговых двигателей; линий высокоскоростного движения; вновь строящихся и модернизируемых линий [1,13].

Аппаратура системы располагается централизованно на постах ЭЦ станций, ограничивающих перегон, и на перегоне в шкафах, путевых и трансформаторных ящиках. При расстоянии между постами ЭЦ станций, ограничивающих перегон, свыше 24 км, аппаратура системы размещается, кроме того, в специальных транспортабельных контейнерных модулях.

Система поставляется со специальным программным обеспечением (ПО), учитывающим настройку под конкретный проект оборудования перегона.

Электропитание системы, в соответствии с ее комплектацией, осуществляется от источников электроснабжения:

- электропитание составных частей системы, расположенных на станции, осуществляется от типовых панелей питания с номинальными значениями выходного напряжения 220 В переменного тока частотой 50 Гц и 24 В постоянного тока;
- резерв электропитания составных частей системы, расположенных на станции, осуществляется от аккумуляторов с номинальным напряжением 24 В постоянного тока;
- электропитание устройств управления светофорами осуществляется централизованно со станций, ограничивающих перегон.

Система обеспечивает возможность двухстороннего движения поездов по каждому пути перегона [2,14]. Регулирование движения поездов на однопутных, и двухпутных перегонах в правильном направлении осуществляется по показаниям путевых светофоров и локомотивных светофоров АЛС, а на двухпутных перегонах в неправильном направлении и при АБТЦ-М без проходных светофоров – по показаниям локомотивных светофоров АЛС.

В системе АБТЦ-М осуществляется централизованное управление перегонными объектами с совмещением в одном комплексе технологических функций автоблокировки, связи с объектом и связи с оперативно-техническим персоналом (с рабочим местом дежурного по станции – АРМ ДСП-АБ, с автоматизированным рабочим местом электромеханика СЦБ – АРМ ШН).

В системе применены рельсовые цепи тональной частоты с частотами 525, 625, 725, 575, 675, 775 Гц.

Рельсовые цепи системы обеспечивают [3,5,11]:

- контроль состояния (занятость/свободность) рельсового пути межстанционного перегона с раздельным контролем состояния каждого блок-участка и каждой рельсовой цепи;
- надежную работу рельсовых цепей при любом виде тяги, централизованном электроснабжении пассажирских вагонов, а также при различных способах регулирования тягового тока на электроподвижном составе;
- выполнение режимов работы рельсовых цепей (нормальный, шунтовой и контрольный) без дополнительной регулировки при изменении сопротивления изоляции балласта от 0,8 Ом·км до 50 Ом·км и наличии дроссель-трансформаторов с междупутными перемычками для выравнивания тягового тока, подключения устройств тяговой сети, а также заземлении искусственных сооружений на рельсы согласно действующим нормативным документам;
- надежную работу рельсовых цепей при электрической тяге в условиях асимметрии тягового тока в соответствии с действующими нормативами, а при превышении этих нормативов – недопущение нарушения требований безопасности;
- защиту аппаратуры рельсовых цепей от воздействий тягового тока, грозовых разрядов и других помех.

В случае применения путевых светофоров система обеспечивает [6,9]:

- автоматическое включение запрещающего сигнального показания путевого светофора, ограждающего блок-участок, при его занятии или нарушении целостности рельсовой линии;
- блокировку запрещающего сигнального показания путевого светофора при нарушении алгоритма работы автоблокировки (появлении ложной свободности рельсовых цепей при проследовании поезда по перегону);
- смену запрещающего сигнального показания путевого светофора, ограждающего блок-участок, на разрешающий при полном освобождении блок-участка от подвижного состава и свободном защитном участке за следующим по ходу движения путевым светофором с контролем выполнения алгоритма работы автоблокировки;
- включение запрещающего показания на ближайших к переезду путевых светофорах при включении заградительной сигнализации дежурным по переезду или дежурным по станции;
- возможность деблокирования дежурным по станции запрещающего сигнала путевого светофора, который им был включен ранее или заблокировавшегося из-за нарушения алгоритма работы автоблокировки с выполнением необходимых организационно-технических мероприятий с целью обеспечения требований безопасности движения поездов;
- контроль целостности нитей горящих ламп путевых светофоров с переключением на резервную нить при перегорании основной нити.

Система обеспечивает выполнение логических зависимостей автоблокировки: контроль проследования поезда, блокирование запрещающего показания путевого светофора и др.

Система обеспечивает формирование и передачу в рельсовую линию навстречу поезду кодов автоматической локомотивной сигнализации АЛСН или АЛС-ЕН в соответствии с показаниями путевых светофоров и поездной ситуацией, а также передачу информации на локомотив посредством цифрового радиоканала.

Применяемый в АБТЦ-М радиоканал используется для осуществления автоматического ввода и вывода локомотива из обслуживания в зависимости от места расположения локомотива и двухсторонней передачи информации между системой и локомотивными устройствами о временных ограничениях скорости на перегоне, а также для сбора диагностической информации с локомотива с возможностью ее архивации.

Система обеспечивает [7,12]:

- взаимодействие с аппаратурой ЭЦ, ДЦ и другими системами автоматики (УКСПС, КГУ и др.);
- возможность смены направления движения по перегону только при условии его полного освобождения;
- возможность смены направления с помощью вспомогательного режима при ложной занятости перегона (рельсовой цепи) или заблокированном запрещающем сигнале путевого светофора только с участием двух дежурных по станции или поездного диспетчера;
- переход в защитное состояние при возникновении в блоках отказов, которые могут привести к опасной ситуации;
- диагностику устройств, с применением визуальной индикации, с немедленным извещением дежурного по станции, либо поездного диспетчера, о сбоях и отказах микропроцессорных блоков;
- диагностику устройств с регистрацией сбоев и отказов всех микропроцессорных блоков и ведением протокола (архива) этих событий.

Литература

1. Гордиенко Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. В сборнике: Атуальные проблемы и перспективы

- развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 13-17.
2. Гордиенко Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 39-43.
 3. Гордиенко Е.П., Гордиенко Н.С., Паненко В.В. Современные технологии разработки геоинформационных систем. В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. С. 99-104.
 4. Гордиенко Е.П., Гордиенко С.Н. Системы SCADA и анализ их применения. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 10-14.
 5. Гордиенко Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 14-18.
 6. Гордиенко Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 71-75.
 7. Гордиенко Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 75-78.
 8. Гордиенко Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 78-82.
 9. Гордиенко Е.П., Орловцева О.В. Перспективы развития систем электрической централизации. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.
 10. Гордиенко Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 66-71.
 11. Гордиенко Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 62-65.
 12. Гордиенко Е.П., Паненко Н.С. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 7-13.
 13. Гордиенко Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики.

В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. С. 55-58.

14. Гордиенко Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем. Естественные и технические науки. 2021. № 3 (154). С. 176-178.
15. Гостева, С.Р. Переход к устойчивому развитию – определяющая парадигма модернизации России // Регион: системы, экономика, управление. -2013. -№ 1(20). - С.8 - 20.
16. Гостева, С.Р. Будущее, которого мы хотим (проблема перехода Российской Федерации к устойчивому развитию) /С.Р. Гостева //European Social Science Journal. - 2014.- № 1-2. - С. 362- 369.

УДК 656.257

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ЭССО

Яковлева Н.А.

Филиал РГУПС в г. Воронеж

Аннотация: выполнен анализ особенностей эксплуатации системы ЭССО.

Ключевые слова: датчик, централизация, ось, технология, подвижной состав.

Для обеспечения бесперебойной работы системы ЭССО устанавливается следующий порядок производства работ. Так как рельсовый датчик (РД) является чувствительным к металлу элементом, то при производстве работ вблизи датчика возможна ситуация экранирования датчика посторонним металлическим предметом, что приведет к возникновению ложной занятости контролируемого участка, то при проведении путевых работ в непосредственной близости от РД запрещается [6,9,10]:

- перемещать или размещать металлические предметы (модерон, шанцевый инструмент, костыли, накладки и т.п.) на расстоянии ближе 10 см от рабочей поверхности РД;
- демонтировать РД или его крепление с рельса в отсутствие электромеханика СЦБ;
- проводить земляные работы (подрезка балласта, замена или перешивка шпал, выправка пути и т.п.) в шпальном ящике, в котором установлен РД, а также в соседних с ним шпальных колодцах без согласования и в отсутствие электромеханика СЦБ;
- производить замену рельса, на котором закреплен РД, в отсутствие электромеханика СЦБ;

Работы по текущему содержанию пути ближе 1,5 м от РД работниками путевого хозяйства должны производиться по согласованию с ДСП станции.

Перемещение по станции, в районах установки РД, модеронов, дефектоскопов, вышек и других устройств, устанавливаемых на рельсы, производится по согласованию с ДСП станции с указанием маршрута передвижения [1,4].

Плановые и внеплановые работы по обслуживанию напольных и постовых устройств системы ЭССО работниками ШЧ производятся по согласованию с ДСП станции, с оформлением электромехаником СЦБ записи в Журнале осмотра. Как правило, для производства плановых работ должны выбираться промежутки времени, свободные от движения поездов [2,5,11,14].

Проход снегоочистительной техники, рельсосмазывателей, вагонов-лабораторий и другого специального подвижного состава (ССПС) должен согласовываться с ДСП станции. При возникновении ложной занятости перегона после прохода ССПС ДСП должен руководствоваться соответствующими положениями Инструкции по эксплуатации ЭССО.

Возможные сбои в работе ЭССО после прохода ССПС являются конструктивной особенностью работы напольных устройств ЭССО, а не следствием отказа [3,7,8].

Действия работников станции, дистанции сигнализации и связи при занятости контролируемых участков после фактического проследования поезда сводятся к следующему.

При занятости контролируемого участка после фактического проследования поезда ДСП должен порядком, определенным Инструкцией по движению поездов и ТРА станции убедиться в том, что поезд проследовал контролируемый участок в полном составе.

При возникновении ложной занятости перегона, контролируемого системой ЭССО, ДСП станции обязан определить причину ложной занятости перегона имеющимися в его распоряжении средствами - не является ли это следствием выполнения напольных работ работниками служб ж. д. транспорта, прохода снегоуборочной или путеремонтной техники и т.п.

Сделать запись о ложной занятости перегона в Журнале осмотра и, убедившись в фактической свободности перегона порядком, установленным в п. 3.2 Инструкции по движению поездов, искусственно освободить ложно занятый перегон, выполнив следующие действия [12]:

- включить питание пульта сброса ложной занятости (ПСЛЗ);
- кратковременно нажать групповую кнопку «ГРК». После нажатия кнопки "ГРК" показание счетчика числа нажатий на ПСЛЗ увеличивается на единицу, цифровой индикатор в поле номера кнопки начинает отображать в мигающем режиме два нуля (начался цикл управления, но индивидуальная кнопка управления ещё не нажималась). Индикатор "Подсказка" (красного цвета) горит ровным светом;
- нажать и удерживать индивидуальную кнопку ложно занятого перегона ("НКП", "ЧКП") до выключения индикатора "Подсказка" пульта ПСЛЗ. При этом на индикаторе будет отображаться номер выбранной индивидуальной управляющей кнопки, и в мигающем режиме число нажатий этой кнопки. После выключения индикатора "Подсказка" отпустить индивидуальную кнопку ложно занятого перегона.

Дождаться повторного включения индикатора "Подсказка" красного цвета, после чего вновь нажать и удерживать индивидуальную кнопку ложно занятого перегона до выключения индикатора "Подсказка" пульта ПСЛЗ. После выключения индикатора "Подсказка" - отпустить индивидуальную кнопку ложно занятого перегона.

Индивидуальную кнопку необходимо удерживать нажатой в течение 4-6 секунд, а интервал между нажатиями должен быть от 1 до 5 секунд. Двукратное нажатие необходимо осуществлять с указанным интервалом, выдержать который помогает индикатор "Подсказка" (свечение означает, что кнопку нужно нажать и удерживать, при отсутствии свечения - кнопка отпускается).

Нарушение временных параметров нажатий кнопки приведет к невыполнению команды искусственного освобождения перегона.

При ошибке в действиях ДСП (нажатие или отпускание индивидуальной кнопки в момент времени, не соответствующий включению/выключению индикатора "Подсказка" красного цвета) пульт блокируется на 15-20 секунд, в течение которых ДСП должен прекратить действия по освобождению ложно занятого участка. На время блокировки ПСЛЗ индикатор "Подсказка" переключается в мигающий режим. В этом случае необходимо прекратить дальнейшие манипуляции с пультом, дождаться выключения индикатора и повторить все действия сначала.

После освобождения ложно занятого перегона сделать запись в Журнал осмотра об его освобождении с указанием нового показания счетчика числа нажатий кнопки «ГРК» в последней графе Журнала. После этого возобновить пользование устройствами СЦБ установленным порядком.

Если не произошло освобождения ложно занятого перегона, повторить действия сброса. Если после двух попыток ложно занятый перегон не освободился, ДСП должен сделать запись в Журнал осмотра о невозможности восстановления нормального действия устройств имеющимися средствами и сообщить об этом электромеханику СЦБ (диспетчеру

дистанции сигнализации и связи). Впредь до устранения неисправности руководствоваться требованиями главы 13 Инструкции по движению поездов [13].

После устранения электромехаником СЦБ причины неисправности контролируемого участка включить устройства ЭССО в режим контроля участка, оформив соответствующие записи об устранении неисправности в Журнале осмотра.

По окончании действий с ПСЛЗ дежурный по станции должен выключить питание пульта ПСЛЗ.

Выключение устройств ЭССО участка из работы ДСП станции должен производить в следующих случаях:

- если участок остается ложно занятым после двух последовательных проходов подвижного состава по данному участку (неисправность СП);

- при выполнении работ на участке, связанных с обслуживанием системы ЭССО или содержанием верхнего строения пути вблизи расположения счетного пункта.

В обоих случаях ДСП обязан сделать запись в Журнале осмотра с указанием причины выключения участка из работы и произвести действия в соответствии с пунктами данного раздела (выполнив нажатие индивидуальной кнопки участка только один раз).

Неисправность или выключение системы ЭССО не является основанием для прекращения действия основных устройств СЦБ, ЭЦ и полуавтоматической блокировки. Работники службы СЦБ при устранении неисправностей системы ЭССО обязаны:

Локализовать возникший отказ в соответствии с п. 10 документа «Система контроля участков пути методом счета осей (ЭССО). Руководство по эксплуатации РЭ 00204-9809-1.», и произвести замену отказавшего узла.

Проверить правильность функционирования восстановленных участков (конфигурация, направление включения датчика, линейные цепи к счетным пунктам).

Перевести ячейки постовых устройств (ЯПУ) отказавших участков в режим «Приемник выключен». Восстановить возможность включения реле контроля состояния участков.

Сделать запись в Журнале осмотра, указав время устранения неисправности и ее причину. Дать разрешение дежурному по станции на пользование устройствами ЭССО.

Литература

1. Гордиенко, Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. -С. 13-17.
2. Гордиенко, Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем/ Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. -С. 39-43.
3. Гордиенко, Е.П. Современные технологии разработки геоинформационных систем. / Е.П. Гордиенко, Н.С. Гордиенко, В.В. Паненко // В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. -С. 99-104.
4. Гордиенко, Е.П. Системы SCADA и анализ их применения. / Е.П. Гордиенко, С.Н. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. -С. 10-14.
5. Гордиенко, Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени/ Е.П. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019.- С. 14-18.

- 6.Гордиенко, Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 71-75.
- 7.Гордиенко, Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 75-78.
- 8.Гордиенко, Е.П. Анализ эксплуатационной надежности и безопасности оборудования ЖАТ. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 78-82.
- 9.Гордиенко, Е.П. Перспективы развития систем электрической централизации. / Е.П. Гордиенко, О.В. Орловцева // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.
- 10.Гордиенко, Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. - С. 66-71.
11. Гордиенко, Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. / Е.П. Гордиенко // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 62-65.
12. Гордиенко, Е.П. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта/ Е.П. Гордиенко, Н.С. Паненко //В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019.- С. 7-13.
- 13.Гордиенко, Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. / Е.П. Гордиенко//В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. - С. 55-58.
- 14.Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем/ Е.П. Гордиенко //Естественные и технические науки.- 2021.- № 3 (154).- С. 176-178.
15. Гостева, С.Р. Модернизация и устойчивое развитие Российской Федерации/С.Р. Гостева //Право и государство: теория и практика. - 2012.- № 12 (96).- С. 125-133.
16. Гостева, С.Р. Будущее, которого мы хотим (проблема перехода Российской Федерации к устойчивому развитию) /С.Р. Гостева //European Social Science Journal. -2014.- № 1-2. - С. 362- 369.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

*Старунов С.А.**Филиал РГУПС в г. Воронеж*

Аннотация: выполнен обзор систем интервального регулирования, применяемых на железных дорогах России.

Ключевые слова: маршрут, централизация, автоблокировка, технология, кодирование.

Первые участки дорог оборудованных автоблокировкой, были введены в эксплуатацию в 1931 году. На этих участках использовалась только аппаратура зарубежных фирм. Одновременно с этим разрабатывалась отечественная аппаратура, и осваивалось её производство [10]. Это позволило, начиная с 1932 г. строить автоблокировку на отечественной аппаратуре по проектам института Гипротрансигнальсвязь (ГТСС).

В настоящее время на сети железных дорог для интервального регулирования движения поездов на перегонах используются следующие системы [1,7]:

- автоблокировка постоянного тока с импульсными рельсовыми цепями (для участков с автономной тягой);
- автоблокировка переменного тока с кодовыми рельсовыми цепями;
- унифицированная самопроверяемая автоматическая блокировка (УСАБ-М);
- автоблокировка с рельсовыми цепями тональной частоты и централизованным размещением аппаратуры (ЦАБ-АЛСО);
- автоблокировка с рельсовыми цепями тональной частоты и децентрализованным размещением аппаратуры (АБТ);
- автоблокировка с рельсовыми цепями тональной частоты и централизованным размещением аппаратуры (АБТЦ или ЦАБ).

Система АБ с импульсными рельсовыми цепями постоянного тока относится к проводным и применяется только на участках с автономной тягой при надёжном электроснабжении. Ею оборудовано порядка 25 % протяженности железнодорожных линий.

Основным элементом автоблокировки являются импульсные рельсовые цепи постоянного тока. Показания попутных светофоров увязываются по линейным цепям, как правило, подвешенным на опорах высоковольтно-сигнальной линии [6, 8].

Для электропитания устройств АБ в качестве основного источника используется высоковольтная линия автоблокировки (ВЛ АБ), а в качестве резервного – путевые и сигнальные аккумуляторные батареи [3].

Автоблокировка постоянного тока работает совместно с устройствами АЛСН, и импульсные рельсовые цепи используют для кодирования переменным током частотой 50 Гц. На время свободного состояния блок-участка рельсовая цепь питается импульсами постоянного тока, а на время занятого – импульсами переменного тока [2,5].

Числовая кодовая автоблокировка проектировалась при всех видах тяги поездов. При электрической тяге постоянного тока используются рельсовые цепи, работающие на сигнальной частоте 50 Гц, при электрической тяге переменного тока – на сигнальной частоте 25 или 75 Гц, а при автономной тяге возможно применение любой из вышеперечисленных сигнальных частот [4]. В остальном, схемы автоблокировки идентичны. Чтобы исключить влияние тягового тока, путевые реле автоблокировки включают через защитные фильтры.

При числовой кодовой АБ информация между сигнальными точками передаётся по рельсовым нитям кодовыми сигналами с числовыми признаками и по линейным цепям. Кодовыми сигналами на локомотив транслируется информация о показании впереди стоящего светофора, что является главным достоинством данной системы, и в связи, с чем система нашла широкое применение на сети дорог. Автоблокировка может быть

использована как с трех - так и с четырехзначной светофорной сигнализацией. При проектировании четырехзначной сигнализации предусматривается дополнительно линейная цепь [12].

Электропитание устройств числовой кодовой АБ осуществляется от ВЛ АБ, а резервирование производится от линии продольного электроснабжения потребителей железнодорожного транспорта (ВЛ ПЭ).

Наряду с традиционными системами двухпутной и однопутной автоблокировки разработаны и внедрены в эксплуатацию системы, повышающие надёжность и обеспечивающие более высокий уровень безопасности движения поездов [9,13].

Унифицированная система автоблокировки УСАБ-М разработана для применения на электрифицированных и не электрифицированных линиях однопутных и двухпутных участков с двусторонним движением. Для контроля состояния блок-участков в системе используются фазочувствительные рельсовые цепи с непрерывным питанием на частоте 25 Гц, с путевыми реле ДСШ-15. При вступлении поезда на блок-участок рельсовая цепь кодируется импульсами числового кода АЛСН. Проходные светофоры увязаны посредством двух пар линейных проводов, по которым передаётся информация о состоянии впереди лежащих блок-участков и участков приближения. Схемы выполнены на новых малогабаритных реле первого класса надёжности РЭЛ, поляризованных реле ПЛ с активной памятью и реле НМШ [11]. В схеме управления огнями проходного светофора предусмотрено резервирование нитей ламп разрешающих и запрещающего огня.

При движении поезда изменение запрещающего показания сигнала на разрешающее осуществляется с контролем дополнительных условий того, что поезд занял следующий по ходу движения блок-участок, на следующем проходном светофоре горит лампа красного огня.

Унифицированная система по сравнению с выше описанными системами обладает следующими эксплуатационно-техническими качествами: повышенным уровнем защищенности рельсовых цепей от опасных влияний и от воздействия при сходе изолирующих стыков; сохранением запрещающего показания на светофоре, ограждающем блок-участок, при потере шунта подвижной единицы; тестовой проверкой достоверности разрешающего показания на проходном светофоре, осуществляемой в процессе движения поезда; наличием активного контроля правильности функционирования основных схемных узлов и элементов сигнальной установки при движении поезда. Однако следует указать и на недостатки связанные с большой материалоемкостью и энергоёмкостью системы.

Автоблокировка с централизованным размещением аппаратуры и использованием автоматической локомотивной сигнализации как основного средства интервального регулирования (ЦАБ-АЛСО). Централизованное размещение аппаратуры улучшает условия эксплуатационного обслуживания и повышает производительность труда линейных работников. Система ЦАБ - АЛСО предназначена для однопутных и двухпутных участков магистральных линий, а также линий метрополитена. Система является универсальной, она может применяться при любом виде тяги поездов. В ней используют рельсовые цепи тональной частоты типа ТРЦЗ без изолирующих стыков. Для повышения безопасности движения поездов в системе предусмотрены защитные (некодируемые) участки за хвостом поезда. Достоинствами тональных рельсовых цепей являются отсутствие в их электрической цепи малонадежных элементов (изолирующих стыков, проводных шлейфов и др.). На участках с электротягой обеспечивается надёжная непрерывность цепи возврата тягового тока. Поэтому практически снимаются ограничения по значению тягового тока, протекающего по рельсовым нитям, что особенно важно для участков, где обращаются поезда повышенной массы. В связи с этим в несколько раз сокращается число применяемых металлоемких дросселей-трансформаторов, снижаются потери электроэнергии на тягу поездов. Использование амплитудно-модулированных сигналов обеспечивает надёжную защиту приёмных устройств от воздействия гармонических и импульсных помех тягового тока.

Децентрализованная система автоблокировки с тональными рельсовыми цепями и изолирующими стыками на сигнальных точках (АБТс) предназначена для однопутных и двухпутных линий с любым видом тяги. Эту систему можно применять на участках с низким (не менее 0,04 Ом·км) и нормальным (не менее 1 Ом·км) удельными сопротивлениями балласта. Аппаратуру рельсовых цепей размещают в релейных шкафах на сигнальных точках.

На участках с низким сопротивлением балласта каждый блок-участок оборудуют несколькими рельсовыми цепями тональной частоты без установки дополнительных изолирующих стыков, что является наиболее эффективной мерой обеспечения работоспособности рельсовых цепей при пониженном сопротивлении балласта. Число рельсовых цепей и их длина зависят от минимально допустимого удельного сопротивления балласта. Для работы рельсовых цепей используют три несущие частоты сигнального тока.

На участках с нормальными удельными сопротивлениями изоляции блок-участок, как правило, содержит две рельсовые цепи, максимальная длина которых может достигать 1000 м. Для работы рельсовых цепей используют две несущие частоты сигнального тока.

Централизованную систему автоблокировки с тональными рельсовыми цепями и изолирующими стыками на сигнальных точках (ЦАБс) применяют на однопутных участках железных дорог при любых видах тяги, с относительно интенсивным движением поездов, небольших длинах перегонов и нормальном сопротивлении балласта. На двухпутных участках, а также на участках с низким сопротивлением балласта её не применяют из-за большого расхода кабеля.

Как и в системе ЦАБ-АЛСО, в системе ЦАБс всю аппаратуру рельсовых цепей, путевые устройства АЛС и логические схемы располагают на постах ЭЦ. Логические схемы включают цепи управления путевыми светофорами, с которыми их связывают кабелем.

Блок-участки включают, как правило, одну или две рельсовые цепи. Для работы рельсовых цепей используют две несущие частоты сигнального тока.

Обладая достоинствами системы ЦАБ-АЛСО в плане удобства обслуживания и упрощения строительства, а также системы АБТс в плане сохранения путевой сигнализации, устройства ЦАБс требуют существенного расхода кабеля, что в каждом конкретном случае должно быть обосновано.

Автоблокировка с тональными рельсовыми цепями без изолирующих стыков с децентрализованным размещением аппаратуры (АБТ) предназначена для интервального регулирования и обеспечения безопасности движения поездов на двухпутных и однопутных участках с любым видом тяги с высокой грузонапряженностью и интенсивностью движения. К данной системе относятся вышеуказанные достоинства систем с рельсовыми цепями без изолирующих стыков. Система АБТ позволяет повышать безопасность движения из-за наличия защитных участков за поездом, а также за счет передачи сигналов контроля работоспособности аппаратуры или функциональных узлов диспетчеру дистанции сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ).

В системе АБТ используют два вида рельсовых цепей. Первый вид – тональные рельсовые цепи типа ТРЦ 3, длиной до 1 км, для контроля состояния блок-участков. Вторым видом – рельсовые цепи повышенной частоты 4500 – 5500 Гц типа ТРЦ 4 длиной 100 – 400 м, для контроля состояния участка пути на границе блок-участков в зоне расположения путевого светофора. Зона предварительного шунтирования ТРЦ 4 не более 15 м.

Система АБТЦ является системой централизованной автоблокировки с путевыми светофорами с рельсовыми цепями тональной частоты без изолирующих стыков. Система АБТЦ предназначена для применения на однопутных и двухпутных участках железных дорог с любым видом тяги поездов при нормальном или пониженном сопротивлении балласта. Основная аппаратура в данной системе размещается на прилегающих к перегону станциях. Система построена на основе рельсовых цепей ТРЦ 3.

К достоинствам системы можно отнести все достоинства системы ЦАБ-АЛСО, а также системы АБТ. Устройства АБТЦ требуют большого расхода кабеля, однако в

большинстве случаев внедрение данной системы явилось бы обоснованным благодаря высокой степени надёжности и безопасности данной системы.

Дальнейшее совершенствование систем автоблокировки связано с переводом технических средств на современную, более надёжную микроэлектронную элементную базу. Это позволяет расширить их функциональные возможности, снизить энергоёмкость и материалоемкость аппаратуры, а также решить перспективную задачу – создание комплексной автоматизированной системы управления и контроля движения поездов.

Литература

1. Гордиенко Е.П. Применение систем интервального регулирования движения поездов на железных дорогах России. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России ("ТрансПромЭк - 2019"). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 13-17.
2. Гордиенко Е.П. Применение цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. 2018. С. 39-43.
3. Гордиенко Е.П., Гордиенко Н.С., Паненко В.В. Современные технологии разработки геоинформационных систем. В сборнике: Техносферная безопасность. Сборник статей заочной Международной научно-практической конференции. Воронежский филиал Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), кафедра «Техносферная безопасность». 2013. С. 99-104.
4. Гордиенко Е.П., Гордиенко С.Н. Системы SCADA и анализ их применения. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 10-14.
5. Гордиенко Е.П. Особенности разработки аппаратно-программных средства и комплексов систем реального времени. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2019»). Труды международной Научно-практической конференции: секция «Теоретические и практические вопросы транспорта». 2019. С. 14-18.
6. Гордиенко Е.П. Комплексная методология оценки рисков на железнодорожном транспорте. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 71-75.
7. Гордиенко Е.П. Технология обслуживания комплекса переводных и замыкающих устройств и стрелочных электроприводов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 75-78.
8. Гордиенко Е.П. Анализ эксплуатационной надёжности и безопасности оборудования ЖАТ. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 78-82.
9. Гордиенко Е.П., Орловцева О.В. Перспективы развития систем электрической централизации. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк–2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.
10. Гордиенко Е.П. Концепция информатизации на железнодорожном транспорте: исторический ракурс. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 66-71.

11. Гордиенко Е.П. Интеграция информационных систем в рамках единого информационного пространства предприятия. В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 62-65.
12. Гордиенко Е.П., Паненко Н.С. В Анализ факторов конкурентоспособности программного продукта сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России («ТрансПромЭк – 2019»). Труды международной Научно-практической конференции. 2019. С. 7-13.
13. Гордиенко Е.П. Требования к ресурсосберегающим и безопасным системам перевода стрелок средствами железнодорожной автоматики. В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО (ТРАНСПОРТ-2021). ТРУДЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ. Воронеж, 2021. С. 55-58.
14. Гордиенко, Е.П. Методы онтологического исследования и построения объектно-ориентированных систем. Естественные и технические науки. -2021. -№ 3 (154).- С. 176-178.
15. Гостева, С.Р. Переход к устойчивому развитию – определяющая парадигма модернизации России // Регион: системы, экономика, управление. -2013. -№ 1(20). - С.8 - 20.

УДК 532.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ПОТОКА В ПРЯМОМ КАНАЛЕ

Голикова Е.В., Фелисиану С.

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Аннотация. В работе рассматривается один из вариантов программной реализации расчета участка гидросистемы с закруткой течения.

Ключевые слова: гидросистема, программное средство, закрученный поток.

Одним из наиболее распространенных типов течения во многих технических устройствах является закрученный поток газа или жидкости, зачастую в потоке сохраняется закрутка (например, в течение за гидравлической турбиной или насосом), которую нужно рационально применить для интенсификации какого-либо процесса или, наоборот, устранить. Кроме того, особые свойства вращающегося потока обширно используются в различных технических приложениях: тепло- и массообменных устройствах, жидкостных вихревых камерах и гидроциклонах, форсунках и газовых горелках, вихревых клапанах, насосах и т.д. [1-3]. В данное время существует ряд программных продуктов, позволяющих выполнять гидравлические расчеты и решать всевозможные гидравлические задачи. Однако они сложны в эксплуатации и требуют специальной подготовки, либо не позволяют проводить расчеты гидравлических систем, если поток жидкости или газа характеризуется наличием вращения, книжные справочные издание типа [1], в которых можно было бы получить необходимые сведения для расчета закрученных течений, так же отсутствуют. Основной материал по результатам опытного исследования не систематизирован и разбросан по многочисленным и, зачастую, малотиражным периодическим изданиям.

Программная реализация математической модели гидравлического расчета основана на принципе разложения гидросистемы на последовательность N участков, для каждого из которых вычисляются необходимые гидродинамические характеристики. Перепад давления Δp в гидросистеме определяется как сумма перепадов давлений Δp_i ($i = 1, \dots, N$) на каждом из N ее участков:

$$\Delta p = \sum_{i=1}^N \Delta p_i, \quad \Delta p_i = \zeta_i \frac{\rho_i w_i^2}{2}.$$

На каждом i -м участке перепад давления Δp_i вычисляется по закону сопротивления, где ζ_i – коэффициент гидравлического сопротивления, ρ – плотность, w_i – скорость на i -м участке. Входными данными являются вид рабочей среды, ее температура и давление на входе, значение секундного массового расхода, все геометрические параметры участков.

Для проведения расчетов потоков с закруткой была подготовлена расчетная схема «Прямая труба (АЛ-завихритель)». Элемент представляет собой прямой канал круглого поперечного сечения с АЛ-завихрителем с углом установки лопаток 45° . Входными данными являются массовый расход, давление, температура, угол закрутки потока на входе, длина и диаметр канала. По температуре и давлению из таблиц базы данных пакета определяются плотность и вязкость. По массовому расходу, геометрическим параметрам элемента и физическим свойствам жидкости рассчитываются скорость и число Рейнольдса. Далее по формулам, представленным в [2] находится коэффициент сопротивления трения вихревого потока (как функция числа Рейнольдса, геометрических параметров трубы и угла закрутки потока), и изменение давления на участке. По новому значению давления определяются физические свойства жидкости и скорость на выходе из элемента. Текст расчетной схемы и результат расчета участка гидросистемы с закруткой потока с помощью составленной схемы расчета показан на рисунке 1.

Параметр	Значение	Единица
Диаметр канала	D0	0.1
Длина канала	L	1
Парам.завихр. (-1,0,1,3)	n	1
Рабочая переменная	Fi	Fi=45
Отнош. длин. к diam. (14..150)	L_D0	L_D0=L/D0
Площадь поперечного сечения	F0	F0=0.25*3.1415*(D0^2)
Скорость на входе	w0	w0=m0/(rho0*F0)
Число Рейнольдса	Re	Re=w0*D0*rho0/Mu0
Коэффициент сопротивления	K1	K1=1
	K2	K2=2
	K3	K3=3
	K4	K4=4
Кoeff. сопротивления	a	Mix_direct_pipe45.DBC(n,K1)
Кoeff. сопротивления	f	Mix_direct_pipe45.DBC(n,K2)
Кoeff. сопротивления	e	Mix_direct_pipe45.DBC(n,K3)
Кoeff. сопротивления	g	Mix_direct_pipe45.DBC(n,K4)
Гидравлическое сопротивление	Ksi	Ksi=(f*L_D0+e*L_D0+g)*(Re^(-a))

Рисунок 1 – Окно *Расчет изделия* после поведения расчета

Совершенствование существующих технических устройств и создание принципиально новых систем увеличивают потребность в доступном, простом в эксплуатации, гибком инструменте расчета гидросистем различной конфигурации и сложности, содержащих новые элементы в конструкции. Проведенная работа позволяет сделать вывод о том, что разрабатываемая программа в полной мере удовлетворяет указанным характеристикам и не требует от инженера знаний в области программирования.

Литература

1. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/И.Е. Идельчик. - М.: Машиностроение, 1992. - 672 с.
2. Щукин, В.К. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах/В.К. Щукин, А.А. Халатов - М.: Машиностроение, 1982. - 200 с.
3. Тепломассообмен и гидродинамика в закрученных потоках: шестая всероссийская конференция с международным участием: тезисы докладов. Новосибирск: Свое издательство, 2017. - 116 с.

УДК 656.1/5

ОСНОВНЫЕ КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ В СФЕРЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ
ПАССАЖИРОВ

Стряпчева Д.Р.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. Важнейшим ключевым фактором в сфере обслуживания пассажиров, является определение ключевых принципов организации, регулирования и финансирования деятельности комплекса пригородных пассажирских перевозок, позволяющих обеспечить потребности населения в качественном пригородном сообщении и создание условия для устойчивого развития этого сегмента отрасли железнодорожного транспорта.

Ключевые слова: экономическая эффективность, пассажирский комплекс, оптимизация, качество услуг, клиентский сервис, развитие вокзалов.

Спрос на пассажирские перевозки определяется действием различных факторов. Подавляющее большинство из них имеет качественный характер, и только некоторые поддаются количественной оценке.

Особенно сложно дать количественную оценку социальным факторам. Поведение человека как потребителя услуг и участника социальных процессов имеет ту существенную особенность, что наряду с объективными факторами оно детерминировано и личностным. Индивидуальное, групповое и общественное сознание вырабатывает особые системы ценностей, социальные нормы, иерархию приоритетов в сфере потребления. В этих случаях возникает необходимость в использовании оценок, выводов и заключений экспертов по соответствующим вопросам.

Основными стратегическими целями развития комплекса пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом для государства являются:

- повышение качества услуг пригородного пассажирского сообщения;
- обеспечение необходимого уровня доступности пригородных перевозок для населения страны при заданных параметрах качества и безопасности;
- повышение экономической эффективности отрасли и оптимизация потребности в государственной финансовой поддержке;
- привлечение в отрасль долгосрочных инвестиций, осуществляемых за счет средств внебюджетных источников.

Для достижения указанных стратегических целей необходимо:

- создать предсказуемые условия для всех участников рынка с целью повышения устойчивости функционирования отрасли;
- создать стимулы для повышения эффективности деятельности участников рынка;
- повысить полномочия и ответственность субъектов Российской Федерации и перевозчиков при организации и выполнении пригородных перевозок;
- создать устойчивые механизмы межрегионального взаимодействия;
- создать условия для привлечения в отрасль инвестиций, осуществляемых за счет внебюджетных источников, обеспечивающих наращивание, обновление и модернизацию производственных фондов пригородного пассажирского комплекса, и внедрение инновационных транспортных технологий.

В соответствии с долгосрочной программой развития ДПР до 2025 года ОАО «РЖД» намерено полностью сохранить объемы социально значимых перевозок (в том числе за счет реализации инициатив на дальневосточных направлениях).

Ключевые инициативы развития пассажирского комплекса в дальнем следовании предусматривают:

- формирование оптимальной маршрутной сети и расписания поездов;
- развитие скоростного движения поездами «Ласточка», «Стриж» и поездами с двухэтажными вагонами;
- предоставление высококачественного продуктового предложения;
- цифровизацию клиентских сервисов и бизнес-процессов;
- предоставление инновационного продукта в поезде;
- повышение качества обслуживания;
- внедрение лучших мировых практик в развитии мультимодальности.

Ключевые инициативы развития пассажирского комплекса в пригородном сообщении предусматривают:

- интеграцию пригородного сообщения с городской транспортной средой агломераций;
- обеспечение долгосрочности взаимных обязательств всех участников пригородного сообщения в рамках тарифной и бюджетной политики субъектов Российской Федерации;
- принятие регуляторных решений, направленных на развитие пригородных пассажирских перевозок в равных конкурентных условиях с другими видами транспорта;
- развитие мультимодального сообщения (с возможностью построения комплексных маршрутов нескольких видов транспорта), комплексное развитие автобусных перевозок в Холдинге;
- определение механизмов экономического стимулирования обновления подвижного состава и объектов транспортной инфраструктуры;
- внедрение стандартов пригородного сообщения, определяющих доступность, качество и безопасность перевозки пассажиров;

Ключевые инициативы развития вокзалов предусматривают:

- формирование многофункциональных транспортно-пересадочных узлов, интегрированных с современной городской средой и инфраструктурным окружением;
- оптимизацию использования площадей зданий железнодорожных вокзалов (в том числе за счет синергии и кооперации с автовокзалами).

Услуги пассажирского транспорта являются частью потребительских услуг, предлагаемых населению. Выступая как элемент системы, они отражают общие закономерности потребления, с одной стороны, и имеют свои специфические тенденции и характеристики с другой. Изучение спроса на услуги пассажирского транспорта является важной задачей маркетинговых исследований на всех уровнях управления перевозками: федеральном, региональном и местном (муниципальном).

Литература

1. Журавлева, И.В. Маркетинговые акции АО «ФПК» в поездах дальнего следования/ И.В. Журавлева, Л.В. Сербина // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 76-80.
2. Журавлева, И.В. «Дневной экспресс» - программа функционирования пассажирского комплекса в долгосрочной перспективе/И.В. Журавлева // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 80-83.
3. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-

- 2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.
4. Попова, Е.А. Перспективы использования ВСМ для смешанного движения – пассажирского и грузового/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 177-179.
 5. Попова, Е.А. Развитие пригородного сообщения на туристических маршрутах региона. ретроперевозки на Юго-Восточной железной дороге/ Е.А. Попова, Л.В. Сербина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020), труды Международной научно-практической конференции, секция: «Теоретические и практические вопросы транспорта» 9-11 ноября 2020г. г. Воронеж, Россия – С.168-170.
 6. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева// Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 11 (107).- С. 141-151.
 7. Гостева, С.Р. Переход к устойчивому развитию – определяющая парадигма модернизации России/С.Р. Гостева// Регион: системы, экономика, управление. -2013. - № 1(20). - С.8 - 20.

УДК 656.1/5

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ В ПРИГОРОДНОМ СООБЩЕНИИ

Шмакова А.С.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. Основными особенностями пригородных пассажирских перевозок являются их массовость, энергоэффективность, экологичность, безопасность, соблюдение расписания по станциям отправления и прибытия. В статье рассмотрены основные стратегические цели развития комплекса пригородных пассажирских перевозок.

Ключевые слова: качество услуг, пригородные перевозки, развитие, повышение эффективности, пассажиропотоки, транспортные технологии.

Пригородные железнодорожные перевозки играют существенную роль в экономике страны, выполняя такие функции, как: обеспечение свободы передвижения граждан; способствуют развитию рынка труда; развивают зоны экономической эффективности; способствуют активной застройке отдаленных районов.

Основными стратегическими целями развития комплекса пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом для государства являются:

- повышение качества услуг пригородного пассажирского сообщения;
- обеспечение необходимого уровня доступности пригородных перевозок для населения страны при заданных параметрах качества и безопасности;
- повышение экономической эффективности отрасли и оптимизация потребности в государственной финансовой поддержке;
- привлечение в отрасль долгосрочных инвестиций, осуществляемых за счет средств внебюджетных источников.

Для достижения указанных стратегических целей необходимо:

- создать предсказуемые условия для всех участников рынка с целью повышения устойчивости функционирования отрасли;
- создать стимулы для повышения эффективности деятельности участников рынка;

- повысить полномочия и ответственность субъектов Российской Федерации и перевозчиков при организации и выполнении пригородных перевозок;
- создать устойчивые механизмы межрегионального взаимодействия;
- создать условия для привлечения в отрасль инвестиций, осуществляемых за счет внебюджетных источников, обеспечивающих наращивание, обновление и модернизацию производственных фондов пригородного пассажирского комплекса, а также внедрение инновационных транспортных технологий.

Пригородным пассажирским перевозкам свойственна неравномерность по сезонам года с наибольшим объемом перевозок в летний период. Заметный рост объема перевозок наблюдается с ранней весны до середины осени, когда открывается дачный сезон, начинается сезон отпусков, период сбора ягод и грибов. В этот период основную категорию пассажиров составляют дачники. Особенностью дачных перевозок является то, что большая часть пассажиров перемещается с багажом (посадочный материал, инструменты, урожай и т. д.), размеры которого зачастую превышают нормы, установленные правилами пользования транспортными средствами. Еще одной немаловажной особенностью дачных перевозок является то, что пассажиропотоки на них имеют существенные колебания в зависимости от погоды: в теплые дни без осадков люди массово стремятся выехать за город, на свои дачные участки, особенно в праздничные и выходные дни; зимой необходимость в дачных перемещениях практически отпадает, постепенно возрастая только к весне.

Ежемесячная неравномерность пассажиропотоков подчиняется закономерностям, общим для всех пригородных участков: превышение максимальных размеров в летний период над средним в 1,5-2 раза. Сегментирование остановочных пунктов по целям поездок пассажиров (дачные поселки, рабочие остановочные пункты, поселки с неразвитой инфраструктурой, места массового отдыха горожан) позволило выявить, что объем отправления возрастает по пятницам и субботам в 2-2,5 раза и уменьшается по воскресным дням в 1,4-1,6 раза (по сравнению с будничными днями). Размеры прибытия пассажиров на головную станцию по пятницам практически не отличаются от рабочих дней и увеличиваются по субботам в 1,8-2 раза, а по воскресеньям в 3-3,5 раза. На линиях, обслуживающих трудовые поездки, неравномерность характеризуется более низкими темпами нарастания по прибытию от пятницы до воскресенья (в 1,5-1,8 раза) и спадом отправления по воскресеньям (до величины среднесуточных значений).

Четкая организация пригородных перевозок имеет большое значение. При организации перевозок важным показателем является гибкость, то есть изменение расписания и составности подвижного состава, а также оперативность реагирования на изменения погодных условий и другие факторы. Кроме того, спецификой пригородных железнодорожных перевозок является то, что интервалы движения поездов достигают нескольких часов, поэтому необходимо строгое соблюдение расписания движения и недопущение их отмены.

Литература

1. Журавлева, И.В. Маркетинговые акции АО «ФПК» в поездах дальнего следования/ И.В. Журавлева, Л.В. Сербина // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 76-80.
2. Журавлева, И.В. «Дневной экспресс» - программа функционирования пассажирского комплекса в долгосрочной перспективе/ И.В. Журавлева // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 80-83.
3. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции

«ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.

4. Попова, Е.А. Перспективы использования ВСМ для смешанного движения – пассажирского и грузового/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 177-179.

5. Попова Е.А., Сербина Л.В. Развитие пригородного сообщения на туристических маршрутах региона. ретроперевозки на Юго-Восточной железной дороге. // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020), труды Международной научно-практической конференции, секция: «Теоретические и практические вопросы транспорта» 9-11 ноября 2020г. г. Воронеж, Россия – С.168-170.

6. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева// Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 11 (107).- С. 141-151.

7. Гостева, С.Р. Экологическое образование/ С.Р. Гостева// Евразийское Научное Объединение. - 2020. - № 6-6(64). - С.433-434.

УДК 656.1/5

ФОРМИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ РАЗВИТИЯ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННОСТИ ХОЛДИНГА «РЖД»

Рогозина А.Л.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. В процесс клиентоориентированного обслуживания пассажиров должны быть вовлечены все сотрудники перевозчика, владельца инфраструктуры и подвижного состава на всех этапах организации перевозочного процесса. Обслуживание и общение с клиентом должно начинаться еще с момента возникновения у него желания совершить поездку и не должно прекращаться при выходе пассажира из пригородного поезда.

Ключевые слова: клиентоориентированный подход, рынок транспортных услуг, организация перевозок, функциональность, надежность, удобство, целевые сегменты.

Транспортный продукт, предлагаемый ППК пригородным пассажирам, является интегрированным понятием и включает в себя как услуги, так и физические объекты, которыми пассажир пользуется при совершении поездки: подвижной состав, пассажирские здания, платформы и другие устройства. Функциональность, надежность, удобство, санитарно-культурное, санитарно-техническое состояние и другие параметры пассажирских устройств и подвижного состава оказывают немаловажное влияние на общее впечатление пассажира от транспортного продукта. Однако следует помнить о том, что человек приходит на транспорт с целью удовлетворить свою потребность в перемещении, т.е. воспользоваться основной услугой – перевозкой. Соответствие именно основной услуги ожиданиям потенциального пассажира является первоочередным фактором, влияющим на выбор им вида транспорта. Не менее важное значение имеет технология оказания сопутствующих услуг, необходимых для использования основной услуги в первую очередь – это билетно-кассовое и справочно-информационное обслуживание.

При разработке клиентоориентированных подходов к организации пригородных пассажирских перевозок необходимо учитывать специфические черты транспортных услуг: неосязаемость, неразрывность производства и потребления, несохраняемость, непостоянство требований потребителей к качеству.

Дополнительные услуги, оказываемые пассажирам за отдельную плату, могут придать дополнительную выгоду основной услуге и повысить ее конкурентные преимущества по отношению к другим видам транспорта.

В настоящее время стратегические задачи ОАО «РЖД» в сфере развития пригородных пассажирских перевозок предполагают повысить качество услуг в результате:

- совершенствования расписания движения поездов, в том числе составления интегрированных расписаний с другими видами транспорта;
- повышения маршрутной скорости движения пригородных поездов до 54 км/ч;
- повышения уровня комфортности новых и эксплуатируемых пригородных поездов;
- модернизации и развития инфраструктуры вокзалов и остановочных пунктов.

Все движимые, недвижимые и трудовые ресурсы пригородного пассажирского комплекса ОАО «РЖД» должны быть направлены на наиболее полное, адресное и комплексное обслуживание целевых сегментов пассажиропотока. Клиентоориентированность – это характеристика бизнеса, отражающая место интересов клиента в системе приоритетов руководства и собственников.

Соответствие предлагаемого транспортного продукта ожиданиям клиента может способствовать повышению доходов от перевозки на основе:

- увеличения пассажиром частоты совершения поездок (пассажир физически приносит больший доход компании);
- получения от пассажира информации, которая поможет улучшить потребительские свойства продукта и повысить его ценность и оплату, а также оптимизировать бизнес-процессы;
- распространения пассажиром положительной информации о компании среди своего круга общения, тем самым увеличивая потенциальный пассажиропоток.

Для организации клиентоориентированного обслуживания пассажиров необходимо соблюдение ряда принципов.

1. Маркетинговый принцип. Для ориентации работы компании на пассажира необходимо на основе маркетинговых исследований детально изучать потребности не только уже обслуживаемых, но и потенциальных клиентов; выявлять недостатки в технических, технологических и социально-культурных аспектах обслуживания; иметь представление о ситуации на транспортном рынке, формах и методах обслуживания пассажиров конкурентами; знать степень удовлетворенности пассажиров существующим обслуживанием и формировать необходимые потребительские характеристики основных, сопутствующих и дополнительных услуг на базе проводимых маркетинговых исследований.

2. Принцип адресного обслуживания. На основе маркетинговых исследований необходимо определять целевые сегменты транспортного рынка, а совершенствование существующих услуг, разработка и продвижение на транспортный рынок каждой новой услуги должны быть направлены (адресованы) на удовлетворение потребностей определенного сегмента пассажиропотока с целью максимально эффективной их реализации.

3. Принцип удобства обслуживания. Основные, сопутствующие и дополнительные услуги должны предоставляться в такой форме, в такое время и в таком месте, которые наиболее удобны пассажиру. Прежде всего этот принцип должен соблюдаться при разработке графиков движения пригородных поездов.

4. Принцип вариантности услуг. С целью охвата большей части рынка транспортных услуг необходимо обеспечить клиенту возможность выбора, наиболее подходящего для него способа удовлетворения его потребностей, т.е. необходимо формировать широкую матрицу услуг (продуктовую линейку), различающихся по стоимости, качеству и другим потребительским характеристикам.

5. Принцип гарантированного соответствия качества услуг. Управление процессами обслуживания пассажиров должно осуществляться на основе системы менеджмента качества, должны быть определены и в обязательном порядке соблюдаться целевые

параметры качества каждой услуги; должны быть установлены порядок и система контроля соответствия оказываемых услуг заявленному качеству.

Особенно велика роль учета принципов клиентоориентированности при организации транспортного обслуживания регулярных пассажиропотоков таких, которые возникают в городских агломерациях и мегаполисах и обусловлены совершением поездок с целью работы или учебы. Поставляя на рынок транспортных услуг высококачественный клиентоориентированный продукт, пригородная пассажирская компания обеспечивает себя устойчивым регулярным пассажиропотоком и стабильным доходом от освоения данного целевого сегмента рынка.

Литература

1. Журавлева, И.В. Маркетинговые акции АО «ФПК» в поездах дальнего следования/ И.В. Журавлева, Л.В. Сербина // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 76-80.
2. Журавлева, И.В. «Дневной экспресс» - программа функционирования пассажирского комплекса в долгосрочной перспективе/ И.В. Журавлева // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 80-83.
3. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.
4. Попова, Е.А. Перспективы использования ВСМ для смешанного движения – пассажирского и грузового/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 177-179.
5. Попова Е.А., Сербина Л.В. Развитие пригородного сообщения на туристических маршрутах региона. ретроперевозки на Юго-Восточной железной дороге. // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020), труды Международной научно-практической конференции, секция: «Теоретические и практические вопросы транспорта» 9-11 ноября 2020г. г. Воронеж, Россия – С.168-170.
6. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева// Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 11 (107).- С. 141-151.
7. Гостева, С.Р. Экологическое образование/ С.Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. - 2020. - № 6-6(64). - С.433-434.

УДК 656.1/5

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРКОМ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ В АСУПВ СИСТЕМЫ «ЭКСПРЕСС-3»

Кураев К.М.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. Информатизация управления пассажирскими перевозками в АСУ «Экспресс-3» включает в себя как современные технологии, связанные с обеспечением необходимого и

достаточного количества подвижного состава и поддержания его в рабочем состоянии, так и информационные технологии обслуживания пассажиров.

Ключевые слова: информационная база данных, информационно-справочная система, электронный паспорт вагона, управление, парк пассажирских вагонов.

Все вопросы управления технологическими процессами эксплуатации и ремонта парка пассажирских вагонов реализованы в отдельной подсистеме «Экспресс-3» под названием АСУПВ. Эта подсистема обеспечивает оптимальное использование и содержание пассажирских вагонов на основе применения новых информационных технологий. Она ведет в электронном виде весь документооборот, сопровождающий выполнение операций с пассажирскими вагонами. В результате этого накапливается информационная база данных всего жизненного цикла каждого пассажирского вагона.

Процесс создания и ведения информационной базы включает в себя этапы сбора, ввода, корректировки и передачи данных, а также способы защиты и восстановления в случаях разрушающих воздействий. На начальном этапе разработки системы была проделана значительная и весьма трудоемкая работа по организации натурной переписи пассажирского вагонного парка, по созданию классификаторов, отражающих конструктивное устройство вагона, виды неисправностей вагонов и брака в пути следования, номенклатуру материалов и запасных частей для ремонтов.

В связи с установленным на железнодорожном транспорте правилом приписки пассажирских вагонов к линейным предприятиям подавляющая часть документов создается и собирается именно в них. Эти документы определяют состояния, в которых могут быть вагоны: в поездах и ремонтах, в командировке и аренде, в отстое или подлежащие списанию.

В рамках АСУПВ в настоящее время внедрены следующие задачи: учет парка пассажирских вагонов, формирование и выдача электронного паспорта вагона; оптимизация состава приписного парка и составление плана списания вагонов; информационно-справочная система о пассажирском вагонном парке; управление ремонтами и техническим обслуживанием вагонов; слежение за дислокацией пассажирских вагонов и управление формированием пассажирских составов; планирование всех видов ремонтов пассажирских вагонов, анализ выполнения планов ремонтов; контроль и анализ качества ремонтов пассажирских вагонов; выдача оперативной и статистической отчетности по пассажирскому парку; ведение модели структуры пассажирского комплекса сети железных дорог; учет случаев брака в поездной и маневровой работе.

АСУПВ в настоящее время позволяет получать информацию не только о наличии, конструктивном устройстве и приписке вагонов, но и об откомандировании вагонов на другие предприятия или дороги, о сдаче вагонов в аренду другим предприятиям или физическим лицам, об использовании и местонахождении каждого вагона. Электронный паспорт вагона выдается в АСУПВ на любую дату. В отличие от обычного паспорта вагона электронный паспорт включает в себя не только постоянные и условно-постоянные характеристики, но и переменную информацию об этом вагоне, находящуюся на момент выдачи в динамической модели парка пассажирских вагонов. Электронный паспорт содержит идентификаторы вагона: заводской номер, тип вагона и его модель, 70 конструктивных характеристик, данные о владельце, сроке службы, месте приписки, пробеге, последних ремонтах и использовании вагона на выбранный момент времени.

Кроме этого, в электронном паспорте показываются документы на продление срока службы вагона, сдачу в аренду, разрешение на курсирование вагона, не принадлежащего ОАО «РЖД», в составе пассажирского поезда. Вопросы списания пассажирских вагонов по истечении 28 лет службы и продления срока их эксплуатации решаются автоматически на основе даты постройки вагона и проведенных капитальных ремонтов КР-2 с модернизацией

или КВР. После таких ремонтов срок эксплуатации вагонов для перевозки пассажиров продлевается в соответствии с Руководством по проведению капитальных ремонтов.

Электронный паспорт вагона является наиболее востребованным документом. Он доступен в АСУПВ всем пользователям независимо от его собственника. Он не только информирует о состоянии вагона, но и отражает элементы анализа. Например, при выдаче паспорта в нем цветом выделяется пробег вагона, если он превышает нормативный, или анализируется время нахождения вагона в ремонте, которое сравнивается с нормативным временем, и выделяется время простоя вагона. Управление ремонтами и техническим обслуживанием вагонов. Комплекс задач, автоматизирующий функции управления ремонтами и техническим обслуживанием пассажирских вагонов, является основополагающим в АСУПВ, так как решает одну из главных целей системы – повышение безопасности движения пассажирских поездов.

Автоматизация документооборота по браковке и ремонту вагонов базируется на справочниках АСУПВ, содержащих перечни деталей пассажирских вагонов, перечни неисправностей деталей, перечни работ, производимых во время ремонтов, а также списочный состав ремонтных бригад. В настоящее время в АСУПВ на всех пассажирских линейных предприятиях России - в депо, вагонных участках, дирекциях реализованы следующие функции учета всех видов ремонтов и приемки вагонов из ремонта: составление дефектной ведомости на вагон; учет текущего безотцепочного ремонта; учет текущего отцепочного ремонта; учет проведения подготовки вагонов к летним и зимним перевозкам; учет выпуска вагонов из плановых ремонтов; учет приемки вагонов после ремонтов в депо и на заводах; учет использования и ремонта колесных пар; учет страхового запаса материалов и запасных частей.

Все эти функции выполняются на АРМ АСУПВ сотрудниками линейных предприятий в рамках их должностных обязанностей. Сформированные ими документы являются основанием для корректировки модели парка вагонов сети, в которой отражаются операции с вагонами. Планирование ремонтов пассажирских вагонов. Одной из наиболее трудоемких работ по управлению пассажирским вагонным парком является задача составления плана ремонтов вагонов.

В процессе анализа качества выполненных ремонтов производится учет рекламаций и браковок вагонов в гарантийном периоде. Причиной неисправностей может быть, как некачественный ремонт вагонов, так и неудовлетворительное содержание вагона в процессе эксплуатации. Наличие детальной информации по группам и видам неисправностей позволяет выявить наиболее часто встречающиеся недостатки плановых ремонтов, предъявлять претензии на основе проверенных данных и принимать меры по их ликвидации. В связи с этим из АСУПВ можно получать в различных разрезах диаграммы и таблицы распределения отказов деталей и узлов вагонов в гарантийный период по видам неисправностей.

Управление формированием пассажирских составов в АСУПВ осуществляется в подсистеме, которая реализует на данный момент функции: подготовки нарядов на формирование и отправление поездов; учета пробега вагонов; учета отцепок вагонов от составов по причинам браковок, по приказам или в плановый ремонт. Данный комплекс задач предоставляет оперативным отделам пассажирских служб дорог и Департаменту пассажирских сообщений в интерактивном режиме информацию о вагонах федеральной собственности и собственности не ОАО «РЖД», находящихся в составах пассажирских поездов всех категорий - дальних, местных, пригородных, почтовых, почтово-багажных, грузопассажирских. Наряд на формирование и отправление поезда является документом, на основе которого на станции формирования собирается поезд. В АСУПВ разработан АРМ мастера по формированию.

В депо формирования и оборота мастером по формированию на основании схемы расписания системы «Экспресс» составляется наряд на каждый состав поезда. Дополнительные приказы на изменение схемы состава также учитываются при составлении

наряда. Все включаемые в наряд вагоны программно проверяются на допустимость их эксплуатации по ряду критериев. В частности, не должны быть превышены срок службы вагона (с учетом его продления) и норма пробега при движении поезда в оба направления, а также не должны быть просрочены плановые виды ремонтов. Наряд на отправление передается начальнику поезда, который в пути следования на оборотной стороне отмечает неплановые отцепки в пути следования и неисправности, не повлекшие отцепку. По возвращении поезда мастер по формированию заносит эти данные в запись о поезде и осуществляет закрытие наряда. Программно рассчитывается пробег каждого вагона с учетом отцепок. На практике при формировании состава маневровым диспетчером очень часто возникает несоответствие между порядком расположения вагонов в наряде и фактической прицепкой вагонов в составе.

Причиной такого несоответствия могут являться ошибки составителя или экономия времени на формирование состава. Не имея на станции формирования АРМ АСУПВ, но зная по схеме поезда порядок следования вагонов каждого типа, маневровый диспетчер, минимизируя маневровую работу, может менять их местами. В результате порядковые номера вагонов в наряде и в сформированном составе могут не совпадать. Кроме того, по телеграммам на изменение схем поездов, поступающим непосредственно перед отправлением состава, к поезду вопреки правилам прицепляются вагоны, не прошедшие проверку технического состояния на АРМ АСУПВ. Для организации работ по созданию комплекса задач слежения за дислокацией пассажирских вагонов, находящихся в поездах, возникает необходимость скоординировать работу сотрудников пассажирских подразделений дороги и службы управления перевозками. ОАО «РЖД» должно издать нормативные акты, определяющие порядок создания документа о дислокации вагонов в составе пассажирского поезда на основе обмена данными между службами управления перевозками и пассажирской, об ответственности за выполнение работы в автоматизированном режиме и достоверность данных в документе.

Литература

1. Журавлева, И.В. Маркетинговые акции АО «ФПК» в поездах дальнего следования/ И.В. Журавлева, Л.В. Сербина // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 76-80.
2. Журавлева, И.В. «Дневной экспресс» - программа функционирования пассажирского комплекса в долгосрочной перспективе/ И.В. Журавлева // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 80-83.
3. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.
4. Попова, Е.А. Перспективы использования ВСМ для смешанного движения – пассажирского и грузового/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 177-179.
5. Попова Е.А., Сербина Л.В. Развитие пригородного сообщения на туристических маршрутах региона. ретроперевозки на Юго-Восточной железной дороге. // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020), труды Международной научно-практической конференции, секция:

«Теоретические и практические вопросы транспорта» 9-11 ноября 2020г. г. Воронеж, Россия – С.168-170.

6. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 1 (107).- С. 141-151.

7. Гостева, С.Р. Экологическое образование/ С.Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. - 2020. - № 6-6(64). - С.433-434.

8. Гостева, С.Р. Модернизация и устойчивое развитие Российской Федерации/С.Р. Гостева //Право и государство: теория и практика. – 2012. - № 12 (96). - С. 125-133.

УДК 656.1/5

СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОКЗАЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Бащева В.В

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. Целью обеспечения информационной безопасности вокзального комплекса является защита от неправомерного доступа, уничтожения, модифицирования, блокирования, копирования, предоставления, распространения, а также иных неправомерных действий в отношении информации, используемой на вокзальном комплексе, в том числе от деструктивных информационных воздействий, следствием которых может стать нарушение функционирования автоматизированных систем, применяемых на вокзальном комплексе.

Ключевые слова: вокзальный комплекс, система безопасности, чрезвычайные ситуации, бдительность и своевременное реагирование, внимание, информирование.

Вокзал является объектом федерального железнодорожного транспорта повышенной опасности, которая обусловлена спецификой пассажирских железнодорожных перевозок, массовых скоплений людей и может быть отягощена проявлениями террористической деятельности. Для развитых стран характерно, что обеспечение безопасности пассажиров на вокзалах берет на себя их администрация. При выстраивании систем безопасности на вокзале, которая заключается в сохранении материальных ценностей, жизни и здоровья человека, учитываются следующие чрезвычайные ситуации.

Чрезвычайные ситуации природного характера: стихийные бедствия геологического характера (землетрясения, сели); стихийные бедствия метеорологического характера; стихийные бедствия гидрологического характера; природные пожары; массовые заболевания.

Чрезвычайные ситуации военного характера: террористические акты; военные действия. Техногенные происшествия, аварии, техногенные катастрофы (разрушение сооружений, выброс опасных веществ в окружающую среду). Последствия антисоциального поведения людей.

С целью противодействия террористической деятельности на вокзале осуществляется комплекс предупредительных мероприятий, позволяющий предотвратить или максимально сократить потери людей при совершении террористического акта.

Для этого на вокзале реализуются следующие программы:

- разрабатывается оперативно-распорядительная документация, регламентирующая порядок действий и использования технических средств при возникновении чрезвычайных происшествий (пожары, повреждения коллекторов) а также при угрозах совершения террористических актов и при массовых беспорядках;

- устанавливается комплекс устройств, обеспечивающих контроль общественной безопасности на вокзале. Для обеспечения на вокзальных комплексах безопасности для пассажиров существует ряд организационно-технических мероприятий, которые направлены на решение данного вопроса. Также на территории вокзального комплекса в целях

слаженной и бесперебойной работы, необходима не только обеспечение безопасности пассажиров, но и так же обеспечение безопасности движения поездов.

Одним из пунктов по борьбе с терроризмом, отвечающим за безопасность пассажиров на территории вокзального комплекса является транспортная безопасность. На территории вокзального комплекса в целях слаженной и бесперебойной работы, необходима не только обеспечение безопасности пассажиров, но и так же обеспечение безопасности движения поездов. Для чего так же существует перечень профилактических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности движения поездов на вокзальном комплексе:

осмотры и обследования объектов инфраструктуры вокзальных комплексов;

проведение «Дней культуры безопасности движения»;

выполнение руководителями вокзальных комплексов личных нормативов участия в обеспечении безопасности движения поездов.

Так же одним из важных составляющих бесперебойной работы вокзального комплекса, является обеспечение пожарной безопасности. Для соблюдения противопожарной безопасности должны соблюдаться все требования, предъявляемые к нормативным документам для гражданских зданий и сооружений во всех подразделениях, имеются первичные средства пожаротушения (порошковые, углекислотные огнетушители). Перечень устройств обеспечивающих общественную безопасность включает в себя:

- пожарную сигнализацию, датчики которой установлены во всех помещениях вокзала;

- систему видеонаблюдения залов ожидания, перронов с записывающими устройствами (система промышленного телевидения);

- систему связи «пассажир-полиция». В случае пожара или возгорания на вокзале дежурный по вокзалу вызывает пожарную команду и руководителей всех остальных служб по существующей схеме оповещения при чрезвычайных ситуациях, до прибытия специалистов вместе с дежурными работниками ЛУВДТ принимает меры к эвакуации пассажиров и сотрудников вокзала в безопасное место, дает сигнал на эвакуацию по вокзальному радио.

Всеми работниками выполняются мероприятия, направленные на обеспечение безопасности объектов и вокзалов. Работники вокзала безотлагательно оказывают содействие работникам ЛУВДТ при проведении мероприятий по выявлению и устранению лиц, замысливающих теракты, проверке мест проживания пассажиров, других мест возможного пребывания террористов.

Повышена бдительность и своевременное реагирование на любые сигналы, связанные с терроризмом и нестандартными ситуациями. Проводятся ежедневные инструктажи, разъяснительная работа, направленная на усиление бдительности за обслуживаемыми объектами и прилегающей к ним территории.

Организовывается совместно с работниками ЛУВДТ проверка багажа, сдаваемого в камеры хранения, информируются пассажиры. Прием багажа осуществляется только при предъявлении документа, удостоверяющего личность пассажира. Осуществляется контроль за периодичностью объявлений по громкоговорящей связи о повышении бдительности и обращении внимания на забытые и бесхозные вещи и предметы. Обращается внимание на припаркованный вблизи объектов вокзала автотранспорт и запрет на проезд его на территорию вокзала.

Литература

1. Журавлева, И.В. Маркетинговые акции АО «ФПК» в поездах дальнего следования/ И.В. Журавлева, Л.В. Сербина // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 76-80.

2. Журавлева, И.В. «Дневной экспресс» - программа функционирования пассажирского комплекса в долгосрочной перспективе/ И.В. Журавлева // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 80-83.
3. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.
4. Попова, Е.А. Перспективы использования ВСМ для смешанного движения – пассажирского и грузового/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 177-179.
5. Попова Е.А., Сербина Л.В. Развитие пригородного сообщения на туристических маршрутах региона. ретроперевозки на Юго-Восточной железной дороге. // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020), труды Международной научно-практической конференции, секция: «Теоретические и практические вопросы транспорта» 9-11 ноября 2020г. г. Воронеж, Россия – С.168-170.
6. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 1 (107).- С. 141-151.
7. Гостева, С.Р. Экологическое образование/ С.Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. - 2020. - № 6-6(64). - С.433-434.
8. Гостева, С.Р. Состояние экологической безопасности Российской Федерации и устойчивое развитие/С.Р. Гостева // European Social Science Journal. - 2012. - № 1 (17). - С.482-490.

УДК 656.22

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ДВИЖЕНИЯ НА РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ

Чиркина Г.А.

Научный руководитель: Попова Е.А.

Филиал РГУПС г. Воронеж

Аннотации: В статье рассмотрены технические устройства, обеспечивающие безопасное вождение тяжеловесных и соединенных поездов, а также поездов повышенного веса и длины с использованием систем дистанционного управления тягой и торможением поездов.

Ключевые слова: весовая норма, технические устройства, грузовой поезд, железная дорога, тяжеловесное движение.

ОАО «Российские железные дороги» в течение последних лет проводило планомерную работу по повышению эффективности перевозок грузов за счет повышения веса и длины грузовых поездов, в первую очередь, на основных направлениях сети железных дорог. В настоящее время в связи со значительными объемами перевозок массовых грузов (уголь, руда, сырая нефть, нефтепродукты, металл, минерально-строительные грузы) по международным транспортным коридорам в рамках участия России в международных экономических связях привели к увеличению протяженности участков железных дорог с

недостаточной пропускной способностью. В течение последних лет проводится планомерная работа по обеспечению возрастающих перевозок грузов. Повышение весовых норм является одним из приоритетных направлений, позволяющее увеличить провозную способность, повысить эффективность работы железных дорог в рыночных условиях.

Принято решение о разработке нормативных требований к устройствам и содержанию объектов инфраструктуры на участках обращения грузовых поездов весом свыше 6000 тонн, включая разработку методики мониторинга их состояния. В настоящее время вес маршрутов с мест погрузки постоянно увеличивается. На грузонапряженных участках Западно-Сибирской, Свердловской и Южно-Уральской, Приволжской железных дорог практикуется вождение поездов весом 7000, 8000, 9000 и 12000 тонн и длиной свыше 71 условного вагона. При дальнейшем увеличении объемов перевозок на период до 2030 года намеченная тенденция вождения тяжеловесных поездов приобретет особо значение и позволит повысить провозную способность без капиталоемких мероприятий по строительству третьих и четвертых главных путей на грузонапряженных участках сети.

Нельзя не учесть тот факт, что при существующей нестабильности экономического развития страны в случае спада перевозок и из-за повсеместного строительства трубопроводов, а также из-за намечаемого на перспективу развития производства эксплуатация третьих и четвертых путей может быть неэффективной, что приведет к их консервации. Уже в настоящее время ведутся испытания технических устройств, обеспечивающих безопасное вождение тяжеловесных и соединенных поездов, а также поездов повышенного веса и длины с использованием систем дистанционного управления тягой и торможением поездов. Техничко-экономический расчет и опыт работы показывают, что при организации постоянного обращения грузовых поездов повышенного веса и длины необходимо учитывать издержки, связанные с увеличением простоя вагонов на станциях формирования и назначения, а также изменением продольной динамики движения поезда и возникновения дополнительных нагрузок на железнодорожный путь и подвижной состав.

Принципиально важным для перспективных условий эксплуатации является использование возможностей габарита Тпр при разработке перспективных грузовых вагонов для перевозки, прежде всего, угля и руды. Подвижной состав габарита Тпр имеет ряд преимуществ по сравнению с эксплуатируемыми в настоящее время полувагонами. Эффект от применения будет заключаться в следующем:

- уменьшение количества подвижного состава для перевозки того же объема груза на 20%;
- прирост производительности вагона на 9,2%;
- увеличение провозной способности железных дорог на имеющейся путевой инфраструктуре, развитой под унифицированную длину поездов – до 15%;
- снижение потребности в локомотивах – до 10% (если не они ограничивали массу поезда) и локомотивных бригадах – до 20%;
- сокращение эксплуатационных затрат на транспортировку, в том числе удельного расхода электроэнергии из-за увеличения массы поезда – до 5%.

На полигонах вождения поездов весовой нормой выше 6000т должны быть «твердые нитки» графика движения поездов для пропуска грузовых поездов повышенного веса. Для организации тяжеловесного движения необходима соответствующая подготовка инфраструктуры путевого хозяйства и хозяйства электроснабжения.

В настоящее время грузовые вагоны габарита Тпр в количестве 301 ед. находятся в опытной эксплуатации. Несмотря на то, что по протяженности железные дороги, работающие в условиях тяжеловесного движения, составляют малый процент от общей протяженности железных дорог, без преувеличения можно утверждать, что тяжеловесное движение наряду со скоростным явилось мощным стимулом инновационного развития во многих отраслях промышленности, обеспечивающих этот вид железнодорожной деятельности. Тем самым оно способствует эволюции железных дорог на пути к инновационному ренессансу.

Важной особенностью организации грузового движения в России являются большие расстояния от мест добычи полезных ископаемых, в частности угля, до морских портов, где происходит их погрузка на морские суда (Кузбасс—Восток, Кузбасс—Северо-Запад), а также сложные условия движения, с крутыми кривыми и большими уклонами, а также тяжелые климатические условия. Второй особенностью является совместное движение грузовых и пассажирских поездов по одним и тем же линиям.

Разработан проект комплексной программы развития тяжеловесного движения до 2021г., которая направлена на достижение необходимой в перспективе провозной способности на основных железнодорожных направлениях. При этом предусмотрена глубокая модернизация инфраструктуры и тягового подвижного состава для тяжеловесного движения.

Основываясь на отечественном и зарубежном опыте развития тяжеловесного движения, можно сделать вывод, что реализация в полной мере положительных технико-экономических результатов возможна при специализации железнодорожных линий для грузового движения с использованием поездов повышенной массы и длины. Тяжеловесное движение в большинстве стран возникло из потребности обеспечить наиболее экономичный способ перевозки массовых 42 грузов из мест их добычи до мест погрузки на суда при экспорте грузов или до мест их потребления. Опыт эксплуатации и развития таких магистралей подтверждает эффективность этого направления.

Особенности развития тяжеловесного движения на Российских железных дорогах определяются:

- необходимостью повышения массы и длины поездов как наиболее эффективного пути решения проблемы исчерпания резервов пропускной способности на многих направлениях сети железных дорог;
- смешанным (грузовым и пассажирским) характером движения, большими расстояниями от мест добычи полезных ископаемых, сложным планом и профилем пути, тяжелыми климатическими условиями, препятствующими специализации железных дорог.

С учетом этих целей и условий на Российских железных дорогах была принята унифицированная норма массы грузового поезда 6000–6300т при длине в 71 условный вагон, а инфраструктура основных направлений сети подготовлена к пропуску таких поездов. Цель развития тяжеловесного движения в среднесрочной перспективе состоит в подготовке направлений из Кузбасса в места потребления и погрузки угля для вождения поездов массой 9000т и более при увеличении нагрузки на ось до 25 тс/ось (ограничение по нагрузочной способности мостов). При реализации потребуется комплексный подход к усилению инфраструктуры, систем энергоснабжения, СЦБ и связи.

В долгосрочной перспективе для реализации всех преимуществ применения технологий тяжеловесного движения после технико-экономических исследований целесообразно строительство и специализация определенных железных дорог и направлений для тяжеловесного движения.

Важным направлением является организация ускоренного обращения контейнерных поездов со специализированными вагонами, имеющими повышенную осевую нагрузку. Одним из важнейших выводов, полученных в результате обзора развития тяжеловесного движения в разных странах мира, является необходимость комплексного, технико-экономического подхода к проблемам тяжеловесного движения с учетом поставленных целей и характерных особенностей железных дорог. Требуется проведение упреждающих исследований основных процессов и технических решений в эксплуатации. Результатами этих исследований являются новые конструкции экипажей, верхнего строения пути, мощные локомотивы, новые способы управления длинными поездами, электронно-управляемые системы торможения, материалы для рельсов и колес, технологии шлифования рельсов, управления трением в системе колесо—рельс, системы и средства мониторинга состояния экипажей и пути и информационные системы, которые обеспечивают снижение стоимости жизненных циклов железных дорог.

Литература

1. Журавлева, И.В., Попова Е.А. Технология организации движения грузовых поездов по расписанию с разработкой плана формирования и графика движения грузовых поездов на основе прогноза и планирования грузопотоков на Юго-Восточной железной дороги. В сборнике: Актуальные проблемы развития транспорта. Материалы III Международной студенческой научно-практической конференции. ФАЖТ; МГУПС Императора Николая II, Нижегородский филиал. 2016. -С. 9-11.
2. Попова, Е.А. Повышение качества обслуживания клиентов в грузовом сообщении в рамках предоставления услуг «Грузовой экспресс» В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). Труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 170-172.
3. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.
4. Шатохин, А.А., Попова Е.А., Буракова А.В. Повышение эффективности организации порожних вагонопотоков при управлении назначениями порожних вагонов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 173-180.
5. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 1 (107).- С. 141-151.
6. Гостева, С.Р. Экологическое образование/ С.Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. - 2020. - № 6-6(64). - С.433-434.

УМК 656.22

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАССАЖИРСКОГО СОСТАВА НА ПРИМЕРЕ ДВУХЭТАЖНЫХ ВАГОНОВ

Задорин И.Н.

Научный руководитель: Попова Е.А.

Филиал РГУПС г. Воронеж

Аннотация: в статье описаны технические особенности двухэтажных вагонов. Их эксплуатация обусловлена увеличением повышением пропускной способности железнодорожной инфраструктуры за счет сокращения количества пассажирских поездов, а для пассажира комфортабельностью.

Ключевые слова: пассажирский подвижной состав, двухэтажный вагон, поезд, технические характеристики, вагоны, подвижной состав.

В настоящее время темпы пассажиропотока на железных дорогах России с каждым годом растут, что требует увеличение количества вагонов в поезде и повышение экономических вложений на обслуживание вагонов. Снизить эти затраты при одновременном увеличении провозной способности можно при использовании двухэтажных

вагонов, разработанных Тверским вагоностроительным заводом. Всё больше и больше двухэтажные поезда появляются на железнодорожных магистралях нашей страны. Они уже эксплуатируются на таких направлениях как Адлер-Москва, Москва-Казань, Москва-Ижевск и на некоторых других. И всё же на данный момент для наших пассажиров «двухэтажки» являются необычными, диковинными.

Модельный ряд двухэтажных вагонов был разработан и изготовлен с целью увеличения вместимости пассажирского подвижного состава и повышения пропускной способности железнодорожной инфраструктуры за счет сокращения количества пассажирских поездов.

Сравнивая технические характеристики двухэтажных и одноэтажных вагонов, приходим к выводу, что при небольшом увеличении массы тары двухэтажных вагонов, которое составило в среднем от 5 до 10 тонн, количество спальных мест в вагонах увеличилось почти вдвое. Увеличился и показатель плавности хода, что говорит о более комфортных условиях проезда пассажиров. Этого удалось достичь благодаря установке на вагонах системы стабилизации боковых ускорений, в результате чего амплитуда поперечных колебаний и крен кузова при прохождении кривых участков пути на большой скорости, ощущаются пассажирами обеих этажей одинаково.

Новый подвижной состав оснащен сцепным безззорным устройством БСУ-3 в сочетании с герметичными межвагонными переходами, что позволяет снизить амплитуду горизонтальных колебаний и уровень шума во время движения вагонов, уменьшить износы в межвагонном соединении, повысить уровень комфорта при переходе из вагона в вагон. При этом БСУ-3 взаимозаменяемо с автосцепным устройством СА-3М одноэтажных пассажирских вагонов, а при наличии переходника есть возможность сцепления обоих типов устройств друг с другом.

Конструкционной особенностью двухэтажных вагонов является отсутствие генератора как источника получения электроэнергии, а питание потребителей осуществляется централизованно, от локомотива через высоковольтную магистраль 3000 В. В связи с этим появилась возможность применить электровоздушную систему отопления без использования комбинированного котла, что влечет за собой снижение уровня загрязнения окружающей среды и автоматизацию работы климатической системы. Все электрооборудование имеет повышенную надежность от пробоя.

Двухэтажные вагоны оборудованы системами климат-контроля и обеззараживания, позволяющими автоматически поддерживать необходимую температуру в салоне и обеспечивать приток свежего воздуха внутрь вагона при неоткрывающихся окнах. Колебания температуры между этажами могут составлять два-три градуса по Цельсию, что не противоречит санитарным нормам и правилам. Кроме того, нет необходимости постоянно контролировать работу установки кондиционирования воздуха.

Впервые на отечественном двухэтажном подвижном составе применена система аэрозольного пожаротушения, при срабатывании которой весь объем вагона заполняется огнегасящим составом, не требуя при этом полной герметизации помещения. Данная система эффективно работает при любых климатических условиях, ей не нужна дозаправка до 70 истечения срока эксплуатации. Огнегасящее вещество не взаимодействует с большинством материалов и после оседания его можно легко удалить с поверхности.

В новых вагонах применено экономичное и долговечное светодиодное освещение, установлены автоматические подножки с сигнализацией и датчиками, предотвращающими открытие и закрытие подножки при нахождении пассажира или багажа в опасной зоне. Такая конструкция позволяет проводнику обеспечить быструю высадку пассажиров с соблюдением требований безопасности. Двойные шторы призваны обеспечить защиту от ярких солнечных лучей днем и комфорт при движении в темное время суток. В ходовой части вагона применены тележки собственного производства с использованием дисковых тормозов «Кнорр-Бремзе» и торсионных стабилизаторов. Высота вагона уменьшена, уровень нижнего этажа расположен в междележной зоне, хребтовая балка в связи с этим имеет

омегаобразную форму. Для улучшения аэродинамических показателей кузов имеет обтекаемую форму.

Кроме выше перечисленного двухэтажные вагоны имеют следующие преимущества:

- расположение входных дверей на более низком уровне, что позволяет обойтись без высоких платформ;

- оснащение поездов системой ГЛОНАСС и системой видеонаблюдения и контроля;

- наличие в поездах Wi-Fi;

- использование при производстве вагонов современных материалов и технологий;

- обеспечение раздельного сбора мусора;

- снижение затрат на тягу, обслуживание и экипировку вагонов; К недостаткам таких вагонов можно отнести:

- в случае катастроф, такие вагоны потенциально опаснее (больше времени на эвакуацию, большее количество потенциальных жертв);

- меньше мест для багажа, верхние багажные отсеки не предусмотрены, низкие потолки;

- крутые лестницы для подъема на второй этаж, по которым неудобно переносить багаж;

- спальные полки более узкие и короткие;

- увеличение времени обслуживания пассажиров;

- большая загруженность туалетов.

Поезда, составленные из «двухэтажников» ставятся на самые удобные, популярные и наиболее загруженные маршруты. Так, например, с 25 декабря 2019 года, такие вагоны стали курсировать в составе фирменного поезда по маршруту Брянск-Москва.

В целом, по результатам опроса, около 70 процентов, опрошенных дали положительные отзывы, однако среди пассажиров также были и те, кто низко оценил качество комфорта при проезде в двухэтажных вагонах. В ходе мониторинга были опрошены и работники поездных бригад. При этом выяснилось, что особых изменений в работе начальника поезда и проводников не произошло, а у поездного электромеханика объем работ вырос в связи со сложностью нового оборудования. На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что двухэтажные вагоны в будущем вполне могут заменить одноэтажные.

Литература

1. Журавлева И.В. Сербина Л.В. Маркетинговые акции АО «ФПК» в поездах дальнего следования // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»), секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 76-80.

2. Попова Е.А., Сербина Л.В. Специализация железнодорожных линий на грузовые и ускоренные пассажирские перевозки В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 181-184.

3. Журавлева, И.В. «Дневной экспресс» - программа функционирования пассажирского комплекса в долгосрочной перспективе/ И.В. Журавлева // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 80-83.

3. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021»,

секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.

4. Попова, Е.А. Перспективы использования ВСМ для смешанного движения – пассажирского и грузового/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 177-179.

5. Попова Е.А., Сербина Л.В. Развитие пригородного сообщения на туристических маршрутах региона. ретроперевозки на Юго-Восточной железной дороге. // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020), труды Международной научно-практической конференции, секция: «Теоретические и практические вопросы транспорта» 9-11 ноября 2020г. г. Воронеж, Россия – С.168-170.

6. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 1 (107).- С. 141-151.

7. Гостева, С.Р. Экологическое образование/ С.Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. - 2020. - № 6-6(64). - С.433-434.

УМК 656.22

РАЗВИТИЕ БЕСПИЛОТНОГО ДВИЖЕНИЯ В ОАО «РЖД»

Задорин И.Н.

Научный руководитель: Попова Е.А.

ВФ РГУПС г. Воронеж

Аннотации: В статье описаны основные направления развития современных систем беспилотного управления на железнодорожном транспорте. Для успешного внедрения беспилотных систем управления предстоит проделать большой объем научно-исследовательской работы, чтобы обеспечить необходимую безопасность и надежность.

Ключевые слова: беспилотное движение, электропоезд, бортовая система, пути следования, машинист.

Технологии, отработанные для маневровых локомотивов, позволили подготовить основу для применения системы беспилотного управления электропоездами на Московском центральном кольце (МЦК). В настоящий момент электропоезд ЭС2Г оснащен комплектом оборудования для беспилотного движения и проходит испытания на МЦК. На станции Андроновка установлено рабочее место машиниста-оператора для дистанционного контроля и управления беспилотными поездами. Предполагается, что в 2021 г. все движение составов на Московском центральном кольце будет осуществляться в автоматическом режиме.

В статье описаны основные направления развития современных систем беспилотного управления на железнодорожном транспорте.

Развитие беспилотного движения в ОАО «РЖД» осуществляется последовательно. На первом этапе реализуется уровень автоматизации GoA 3 согласно МЭК 62290, когда машинист должен присутствовать на борту электропоезда. На втором этапе планируется перейти к уровню GoA 4 без присутствия машиниста на подвижном составе.

К бортовой системе технического зрения для маневрового локомотива определены следующие требования:

- обнаружение железнодорожного пути следования на расстоянии не менее 100 м от локомотива, для определения региона поиска препятствий (погрешность не должна превышать 0,5 м с вероятностью 99%);

- обнаружение препятствий (объектов) на расстоянии не менее 100 м по пути движения и в зоне ± 5 м от оси пути.

Препятствиями, которые должен обнаруживать БОП в заданной зоне, 73 являются:

- люди ростом более 1 м в положении стоя с вероятностью ошибки 10-6, вагоны и локомотивы любого типа с вероятностью ошибки 10-8, объекты площадью поперечного сечения не менее 0,16 м² с вероятностью ошибки не менее 10-4, тормозные башмаки с вероятностью ошибки 10-1;

- ложные срабатывания системы обнаружения препятствий не более чем 10-1 час-1.

Поезда «Ласточка» на МЦК в режиме движения без машиниста должны соответствовать таким требованиям, как:

- обнаружение железнодорожного пути следования на расстоянии не менее 600 м от локомотива для определения региона поиска препятствий. Погрешность определения пути следования не должна превышать 0,5 м с вероятностью 99 %;

- обнаружение препятствий (объектов) на расстоянии не менее 600 м по пути движения и в зоне ± 5 м от оси пути.

Для определения пути следования и обнаружения препятствий при движении локомотива применяются технические средства «машинного зрения»: радары, лидары, стереокамеры, инфракрасные и SWIR камеры, ультразвуковые датчики. Бортовая система осуществляет обнаружение препятствий, отслеживание их перемещений, классификацию типа препятствий, предсказание перемещения препятствий. Важно не только обнаружить все возникающие препятствия, но и снизить до минимума фиксирование ложных препятствий для исключения срывов графика движения электропоездов. Наибольшие сложности вызывает обнаружение препятствий на больших расстояниях из-за значительного тормозного пути поезда.

Бортовые интеллектуальные системы электропоездов «Ласточка» разработаны с учетом возможности самостоятельного принятия решений, при обнаружении препятствий и в других ситуациях. В то же время возникают ситуации, когда решение должен принять человек. Для этого на МЦК создан центр дистанционного контроля и управления. При обнаружении любого препятствия на пути, технических отказах незамедлительно оповещается машинисту-оператору, который одновременно контролирует движение нескольких поездов. В случае необходимости он может перевести поезд в режим дистанционного управления и непосредственно управлять его движением на основе видеоизображения фронтальной камеры и данных других систем, получаемых в режиме реального времени. Машинист-оператор необходим также для общения по громкой связи с пассажирами в вагонах. Передача больших потоков данных в режиме дистанционного управления с минимальными задержками (не более 300 мс) предъявляет жесткие требования к системе радиосвязи и оборудованию для кодирования и декодирования видеоданных.

Для успешного внедрения беспилотных систем управления предстоит проделать большой объем научно-исследовательской работы, чтобы обеспечить необходимую безопасность и надежность. Сложной задачей является доказательство безопасности эксплуатации автономных поездов в соответствии с жесткими требованиями стандартов, таких как МЭК-61508 и других. Кроме технической реализации, требуется разработка нормативной документации, регламентирующей эксплуатацию беспилотного транспорта на сети дорог.

Переход к степени автоматизации GoA 4, при которой машинист отсутствует на борту электропоезда, требует серьезной переработки транспортных средств. Нужно обеспечить повышенную надежность работы всех узлов с возможностью дистанционного управления различными блоками тормозной системы, автоматическими выключателями системы управления. Данные модификации ведут к существенному удорожанию стоимости беспилотного поезда.

В дальнейшем технологии беспилотного движения в ОАО «РЖД» будут развиваться и в других перевозках. Следующим проектом станет внедрение беспилотного управления

локомотивами грузового движения. Синергетический и экономический эффект должен быть достигнут за счет внедрения системы автоведения на электропоездах «Ласточка» и системы управления движением поездов без машиниста. В результате запуска данных проектов планируется ежегодное сокращение штата помощников машинистов. Одновременно с этим планируется введение новых должностей (машинист-оператор и член оперативного персонала 74 электропоезда «Ласточка»), необходимых для успешной эксплуатации беспилотного подвижного состава.

Предварительный анализ целесообразности внедрения беспилотников показывает, у машинистов меньше шансов не пройти медосмотр или не выйти на работу по любой другой причине, кроме отказа оборудования. В грузовом движении сейчас идут пересменки, связанные с соблюдением режима труда и отдыха локомотивных бригад. На них уходит определённое количество времени, в течение которого локомотив не используется. Беспилотнику смена экипажа не нужна. А при передаче дежурства от одного машиниста-оператора другому остановка поезда не требуется.

Человеку очень трудно соблюдать минимальный интервал движения, каждую секунду сохранять концентрацию внимания, чтобы успеть среагировать на резкое изменение скорости состава, идущего впереди. Электроника — это может. Внедрение беспилотного движения способно изменить и конструкцию локомотивов, которым будут не нужны кабины, системы ручного управления, жизнеобеспечения экипажа, что снизит себестоимость производства тягового подвижного состава. Итак, несмотря на все возникающие сложности, скорость появления новых технологий и усилия, затрачиваемые на разработку беспилотных поездов, несомненно, приведут к масштабному внедрению подобных технологий на сети железных дорог. Основным преимуществом полностью автоматизированного транспорта является высокий уровень безопасности, энергоэффективности, снижение нагрузки на операторов, что в итоге упрощает организацию движения.

Литература

1. Журавлева И.В., Попова Е.А. Технология организации движения грузовых поездов по расписанию с разработкой плана формирования и графика движения грузовых поездов на основе прогноза и планирования грузопотоков на Юго-Восточной железной дороге. В сборнике: Актуальные проблемы развития транспорта. Материалы III Международной студенческой научно-практической конференции. ФАЖТ; МГУПС Императора Николая II, Нижегородский филиал. 2016. С. 9-11.
2. Попова Е.А. Повышение качества обслуживания клиентов в грузовом сообщении в рамках предоставления услуг «Грузовой экспресс». В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). Труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 170-172.
3. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.
4. Шатохин А.А., Попова Е.А., Буракова А.В. Повышение эффективности организации порожних вагонопотоков при управлении назначениями порожних вагонов. В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). Труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 173-180.
5. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 1 (107).- С. 141-151.

6.Гостева, С.Р. Экологическое образование/ С.Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. - 2020. - № 6-6(64). - С.433-434.

7.Гостева, С.Р. Переход к устойчивому развитию – определяющая парадигма модернизации России/С.Р. Гостева// Регион: системы, экономика, управление. -2013. -№ 1(20). - С.8 - 20.

УМК 656.22

ИННОВАЦИОННЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ВСЕХ ПОЕЗДОВ

Черешнева И.Ю.

Научный руководитель: Попова Е.А.

Филиал РГУПС г. Воронеж

Аннотации: В статье рассмотрена новая система RFID цель которой - повышение эффективности в эксплуатации, обслуживании и управлении железнодорожной отраслью ОАО «РЖД» за счет контроля перемещения всех поездов для формирования общей информационной системы с целью слаженной и бесперебойной работы транспорта.

Ключевые слова: повышения эффективности, контроль перемещения, оборудование, метки, системы слежения.

С целью повышения эффективности в эксплуатации, обслуживании и управлении железнодорожной отраслью ОАО «РЖД» работает над проектом под названием RFID. Он заключается во внедрении систем маркировки высокочастотными метками грузовых и пассажирских составов, железнодорожных путей и транспортных узлов.

Цель инновации — контроль перемещения всех поездов для формирования общей информационной системы с целью слаженной и бесперебойной работы транспорта.

RFID-оборудование является эффективным инструментом для создания систем слежения за локомотивами, пассажирскими и грузовыми вагонами, но в тоже время за их составными частями, например, колесными парами. Применение RFID оказывается достаточно полезным в логистике. На основе RFID решаются такие задачи, как обнаружение положения вагонов, определение направления движения состава.

Эффективно решается задача складского учета. Одно из главных преимуществ RFID – возможность применения в процессах технического обслуживания, ремонта и эксплуатации:

- обслуживание операторов ж/д перевозок;
- текущий и капитальный ремонт;
- прокат и аренда активов;
- идентификация и учет важных запасных частей, по которым делаются записи, например, об осмотре или техническом обслуживании.

Основные отличительными особенности компонентов RFID, рекомендуемых ISBC-RFID для применения в области железнодорожного транспорта является:

- сканирование RFID метки с расстояния – дальность действия от нескольких сантиметров до 20 метров для пассивных RFID меток, до 60 метров для полупассивных и сотни метров для активных RFID меток;

- отсутствие необходимости контакта RFID-метки со считывателем или прямой видимости;

- неограниченный срок эксплуатации пассивных RFID меток;

- возможность хранения информации непосредственно на электронной метке, её чтения и записи;

- RFID метки могут быть выполнены в различном исполнении: в корпусе или в виде наклеек;

- RFID метки в корпусе имеют высокий уровень пылезащищенности и влагозащищенности IP67/68;

- оборудование имеет широкий температурный диапазон работы: от -40 до +85С, в ассортименте ISBC есть метки, выдерживающие и экстремально высокие температуры;
- простая интеграция в ИТ инфраструктуру предприятия, для этого предусмотрены все необходимые интерфейсы.

RFID-оборудование и RFID-метки, рекомендуемые ISBC-RFID, предназначены для работы в жестких условиях эксплуатации. Оборудование и метки, в зависимости от решаемой задачи, имеют различные параметры.

В общем виде, метки могут быть выполнены:

- в различном климатическом исполнении;
- с различным уровнем пылезащищенности и влагозащищенности IP;
- в виброустойчивом исполнении - устойчивыми к транспортной вибрации и шокowym/ударным воздействиям.

Общее между всеми типами меток то, что они имеют непревзойденную дальность считывания, особенно при монтаже на металлические поверхности, многие метки 11 протестированы на воздействие вибрации и ударов.

Наиболее общая структура RFID системы состоит из:

- RFID-метки, которая крепится на объект идентификации – вагон или комплектующие части,
- RFID-считывателя,
- RFID-антенны.

Считыватель работает либо автономно (ведет лог RFID-меток с указанием времени обнаружения, в то же время может управлять реле или цифровым портом), либо под управлением компьютера, находящегося в составе ИТ инфраструктуры предприятия.

Когда требуется провести идентификацию объекта, на который установлена RFID-метка, производится активация антенны RFID считывателя (либо считыватель всегда находится в режиме опроса), в ответ метка передает уникальный номер Electronic Product Code (EPC) или серийный номер метки TID либо дополнительные данные, записанные в память метки, далее информация передается на компьютер, после чего система обрабатывает в соответствии с реализованными в ней алгоритмами.

Основным преимуществом при использовании RFID оборудования в сфере железнодорожного транспорта – это получение данных в режиме реального времени, о состоянии критически важных элементов в ходе производства, технического обслуживания и поставок.

Литература

1. RFID – оборудование [Электронный ресурс] / Логистика. – Режим работы: <https://www.avtoscan.com/rfid>
2. Главные направления в транспортных инновациях [Электронный ресурс] / Логистика. – Режим работы: <https://viafuture.ru/katalog-idej/transportnye-innovatsii>
3. RFID для ж/д транспорта [Электронный ресурс] / Логистика. – Режим работы: <https://www.isbc-rfid.ru/applications/trains/>.
4. Журавлева И.В., Попова Е.А. Технология организации движения грузовых поездов по расписанию с разработкой плана формирования и графика движения грузовых поездов на основе прогноза и планирования грузопотоков на Юго-Восточной железной дороге. //В сборнике: Актуальные проблемы развития транспорта. Материалы III Международной студенческой научно-практической конференции. ФАЖТ; МГУПС Императора Николая II, Нижегородский филиал. 2016. С. 9-11.
5. Попова, Е.А. Повышение качества обслуживания клиентов в грузовом сообщении в рамках предоставления услуг «Грузовой экспресс» /Е.А. Попова// В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). Труды Международной научно-практической

конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. С. 170-172.

6. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «TRANСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («TRANСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.

7. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 1 (107).- С. 141-151.

8. Гостева, С.Р. Экологическое образование/ С.Р. Гостева // Евразийское Научное Объединение. - 2020. - № 6-6(64). - С.433-434.

УМК 656.22

СЕРВИС ПРОМЫШЛЕННОЙ ЛОГИСТИКИ

Колесников П.А.

Научный руководитель: Попова Е.А.

Филиал РГУПС г. Воронеж

Аннотации: В статье рассмотрена новая система RFID цель которой - повышение эффективности в эксплуатации, обслуживании и управлении железнодорожной отраслью ОАО «РЖД» за счет контроля перемещения всех поездов для формирования общей информационной системы с целью слаженной и бесперебойной работы транспорта.

Ключевые слова: повышения эффективности, контроль перемещения, оборудование, метки, системы слежения.

Приоритетным направлением бизнеса «РЖД Логистики» является управление цепями поставок промышленных предприятий. Это комплексный индивидуальный набор сервисов уровня 3PL и 4PL. От долгосрочного производственного планирования, завоза сырья, обслуживания складов и внутризаводской транспортной инфраструктуры, погрузочно-разгрузочных работ до организации ритмичных отправок готовой продукции, взаимодействия со станциями, стивидорами, перевалки и фрахта.

В рамках сервиса промышленной логистики предоставляются услуги по перевозке сырьевых грузов и готовой продукции железнодорожным и другими видами транспорта для предприятий горно-металлургической, химической, стекольной и других отраслей экономики. «РЖД Логистика» предоставляет клиентам полный спектр складских услуг и ответственного хранения грузов. Специалисты помогут организовать как простое хранение груза, так и сложные кросс-докинг-процедуры (прямое движение товаров через склад на отгрузку, без долговременного хранения) для розничных сетей. Услуги:

- временное и ответственное хранение грузов: стеллажное, напольное, полочное хранение, открытые площадки;
- хранение товаров по зонам в соответствии с кондиционностью и стоимостью товара, типами товара;
- хранение личных вещей;
- кросс-докинг;
- комплектация заказов, упаковка, переупаковка, маркировка, проверка;
- погрузочно-разгрузочные работы;
- складская отчетность;
- инвентаризация товара;
- вложение документации;

- оформление транспортно-сопроводительной документации.

В рамках улучшения сервиса разработан Мобильный сервис для мобильных клиентов. «РЖД Логистика» одной из первых среди российских логистических компаний запустила мобильное приложение - РЖД Экспресс. В программе возможно оперативное оформление доставки мелких и сборных грузов, а также личных вещей по России и СНГ. Нет необходимости звонить диспетчеру или обращаться в офис: прием заявок и расчет стоимости услуг осуществляются удаленно всего в несколько кликов.

Чтобы быстро рассчитать и оформить грузоперевозку - необходимо скачать приложение РЖД Грузы для платформы iOS. Отправки грузов весом от 20 кг осуществляются по России и СНГ. Зона охвата сервиса — более 160 городов России и СНГ и 46 крупных городов Китая. География постоянно увеличивается, а сроки доставки — оптимизируются.

РЖД Экспресс имеет множество возможностей:

- мгновенный расчет стоимости грузоперевозки;
- выбор необходимого способа доставки груза;
- возможность оформления дополнительных услуг (упаковки, обрешетки, страхования, хранения и вывоза груза);
- определение сроков доставки груза;
- возможность оформить доставку «от двери до двери»;
- оплата заказа с помощью банковской карты;
- мониторинг статуса своих заказов;
- хранение данных обо всех реализованных доставках.

Чтобы оформить заявку на грузоперевозку, в Личном кабинете необходимо ввести следующие данные: пункт отправления и назначения, объем и вес груза. Далее указать свои контактные данные для уточнения деталей заказа специалистом контактного центра «РЖД Логистики». Оплатить доставку можно сразу же в приложении после принятия договора оферты.

В настоящее время существует ряд систем, позволяющих повысить эффективность доставки грузов:

- Gon—rand. Одной из задач информационной системы Gon-rand является сбор информации о наличии груза. Перевозчик дает заявку о свободных провозных возможностях и направлении перевозки. Информация о грузах поступает в систему непрерывно и заносится в базу данных. Система позволяет группировать грузы по отправителям, получателям, количеству мест и выдает информацию об отправлении, наименовании грузополучателя, номере автомобиля, заказчике, коде департамента и сумме отправок по департаментам.

- Videotrans предназначена для информационного обслуживания предприятий транспорта, которые могут получать справки и вводить информацию о наличии в их распоряжении транспортных средств или товара для доставки. - СТС предоставляет для экспедиторов информацию о наличии грузов, типах автомобилей, маршрутах наиболее рационального движения, адреса транспортных фирм, имеющих в наличии свободный подвижной состав, и т.п. Для перевозчиков система предоставляет следующую информацию: возможность загрузки грузом, адрес отправителя, место и время загрузки, время прибытия с грузом, адрес получателя и т.п.

- BRS функционирует аналогично системе СТС. Грузоотправитель контактирует не с перевозчиком, а с информационной системой. Фирма гарантирует оплату перевозчикам выполненной перевозки, если заказчик не произвел своевременно оплату, что повышает привлекательность обслуживания, расширяя тем самым охват рынка потребителей.

- Espace Cat сообщает пользователю параметры перевозимых грузов и схемы их размещения в кузове транспортного средства, представляя эти данные в виде трехмерных графиков. Система вычисляет параметры оптимальной упаковки. Обладая модульной структурой, она достаточно легко приспосабливается к требованиям пользователей.

- ISCIS является интегрированной информационной системой, обслуживающей логистический канал. Время доставки сообщений из любой точки земного шара в другую ограничивается только продолжительностью процесса переформатирования данных, временем ожидания начала обслуживания, а обработка сообщений производится в режиме реального времени, что существенно важно для поставщиков и потребителей, работающих по системе Kanban, «точно в срок» и др.

- GPS — автоматизированная глобальная спутниковая система, предназначенная для определения широты и долготы местонахождения транспортного средства (поезда, судна, самолета, грузового автомобиля и т.п.). Система связана с искусственными спутниками Земли. Каждый спутник непрерывно передает в эфир сигналы времени и координаты своего местонахождения. Транспортное средство должно быть оснащено специальным приемным устройством, которое принимает сигналы с трех спутников одновременно, обрабатывает их и выводит координаты точки местонахождения на дисплей (погрешность результатов составляет не более 3-15 м).

Таким образом, уже существующие инновации способствуют более эффективной работе логистической сети. Постоянно изменяющиеся условия требуют от современного менеджмента постоянного поиска и внедрения последних инноваций в области транспортной логистики и разработки комплексных стратегий развития фирм на инновационной основе.

Литература

1. РЖД Логистика Управления цепями поставок. www.rzdlog.ru.
2. Журавлева, И.В., Попова Е.А. Технология организации движения грузовых поездов по расписанию с разработкой плана формирования и графика движения грузовых поездов на основе прогноза и планирования грузопотоков на Юго-Восточной железной дороге. //В сборнике: Актуальные проблемы развития транспорта. Материалы III Международной студенческой научно-практической конференции. ФАЖТ; МГУПС Императора Николая II, Нижегородский филиал. - 2016. -С. 9-11.
3. Попова. Е.А. Повышение качества обслуживания клиентов в грузовом сообщении в рамках предоставления услуг «Грузовой экспресс» /Е.А. Попова// В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). //Труды Международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020. -С. 170-172.
4. Попова, Е.А. Проблемы клиентоориентированности на железнодорожном транспорте/Е.А. Попова // труды международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО» («ТРАНСПОРТ-2021», секция «Теоретические и практические вопросы транспорта» (Воронеж, 19-21 апреля 2021г.) – С. 172-175.
5. Гостев, Р.Г. Будущее, которого мы хотим/Р.Г. Гостев, С.Р. Гостева // Право и государство: теория и практика. -2013. -№ 1 (107).- С. 141-151.
6. Гостева, С.Р. Экологическое образование/ С.Р. Гостева// Евразийское Научное Объединение. - 2020. - № 6-6(64). - С.433-434.
7. Гостева, С.Р. Переход к устойчивому развитию – определяющая парадигма модернизации России/С.Р. Гостева//Регион:системы, экономика, управление. - 2013. - № 1(20). – С.8-20.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ И ПОЛУАВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РАБОЧИХ МАШИН

Тихонов А.Ф.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения безопасности движения транспортных и технологических машин с высоким уровнем их автоматизации, рассматриваются существующие системы безопасности.

Ключевые слова: автономная машина, система безопасности, правила передвижения.

В настоящее время стабильно продолжает возрастать интерес к разработке и внедрению в реальное промышленное производство автономных мобильных рабочих машин [8, 10]. Так, компанией СКАДО [1] предлагается мобильная система пылеподавления СКАДО СПС-8000 (рис. 1, а), для работы в поле уже несколько лет назад созданы колесные беспилотные трактора [4] с комплексной беспилотной системой управления, состоящей из «комплекта автоматизации» трактора, диспетчерского центра и ряда вспомогательных систем (рис. 1, б).



Рисунок 1 – Современные автономные рабочие машины

В отечественной железнодорожной отрасли [5] только делаются первые шаги по привлечению к реальному производственному процессу автономных мобильных транспортных средств. В частности, по результатам производственных испытаний интеллектуальной системы Cognitive Pilot с маневровым тепловозом ЧМЭЗ планируется внедрение указанной системы по сети железных дорог ОАО «РЖД» [11].

Тем не менее, в мире уже повсюду эксплуатируются автономные мобильные транспортные средства. Так, на немецких железных дорогах применяется малогабаритный, чрезвычайно маневренный и мощный электро-тяговый модуль вагонов на комбинированном автомобильно-железнодорожном ходу [7, 9] Ротрак Е4 (рис. 1, в, г).

Следует однако при этом отметить, что несомненно уровень автоматизации явно влияет на требования безопасности [2]. Чем более автоматизирована система, тем больше требования, предъявляемые к системе, и тем больше ответственности должен взять на себя производитель [12]. В ручных системах оператор / водитель берет на себя большую долю ответственности за операции, а в автоматизированных системах большая доля ответственности принадлежит уже Производителю.

В настоящее время существуют проблемы безопасности с автономными мобильными рабочими машинами, осуществляющими свою деятельность на открытом воздухе [6]. Можно выделить следующие важные различия между так называемыми «внутренними» и «наружными» мобильными машинами:

- сенсорная технология еще не полностью подходит для работы на открытом воздухе в суровых условиях. Однако не исключено, что в ближайшем будущем будет внедрена хорошо функционирующая сенсорная система;

- большинство датчиков не могут видеть за углами или препятствиями. Эта проблема решается установкой выносных и/или бортовых датчиков, что было бы (в противном случае) хорошим решением для участков со свободным доступом.

Стратегии повышения безопасности автономных технических средств, включающие принципы и методы достижения адекватного уровня безопасности [3], должны учитывать отношение к людям, технологиям и окружающей среде. В целом стратегии безопасности автономных мобильных систем транспортных и технологических машин можно разделить на три группы [12]:

1. Правила передвижения в запретной зоне. Это означает, что только уполномоченные лица и машины могут войти в запретную зону. Поступающие в эту зону обязаны ознакомиться с правилами. Это типично для ручных систем и безопасность во многом зависит от человека в этом районе.

2. Изолированная территория. Зона ограниченного доступа изолирована, при этом люди входят через систему контроля доступа, которая останавливает автономные машины на участке. Запретная зона может состоять из нескольких зон и автономные машины останавливаются, только если человек / ручная машина и автономная машина находятся на той же площади. Безопасность может быть достаточной для всех типов автономных систем.

3. Безопасное разделительное расстояние. Бортовые датчики обнаруживают людей и ручные машины перед автономной машиной или рядом с ней. Расстояние разделения можно настроить также с помощью централизованного управления системой, которая всегда знает местонахождение всех машин и людей. Для этого обычно требуется активный канал связи или передатчики, которые отправляют свое местоположение в центральную систему. Одно из преимуществ центральной системы состоит в том, что людей можно наблюдать даже за углами и препятствиями. Безопасность достаточна для внутренних систем применения автономных машин, но для машин применения на открытом пространстве обычно требуются некоторые дополнительные средства.

Безопасность для уполномоченных лиц и машин, пользующихся запретной зоной, фактически обеспечивается только правилами и почти без технических средств (кроме, например, светофоров или дорожных знаков) В качестве дополнительных средств могут быть применены решения, связанные например, с устройствами удержания от запуска и позволяющие машинам работать, когда рядом находится человек. Кроме того, могут быть применены камеры и пульт дистанционного управления. Оператор также может разрешить доступ в зону ограниченного доступа, дистанционно открыв двери. Удаленный контроль применяется, когда люди находятся в зоне ограниченного доступа, или необходимо выполнить автоматические перемещения машин и механизмов, если они находятся вне досягаемости для людей (например, очень высоко).

Бортовые системы безопасности (а именно - датчики для обнаружения объектов рядом с машиной) могут быть размещены на борту машины. Обнаружение объекта может вызвать снижение скорости, остановку или изменение маршрута во избежание столкновения с обнаруженным объектом. В качестве типовых датчиков в этом подходе будут применяться: лидар, лазерный сканер, радар, 3D-камера, ИК-камера, датчики приближения (ультразвуковые, оптические, емкостные) и т.д. Для большинства упомянутых средств сложно обнаружить человека у стены (или крупный объект).

На рис. 2 изображена мобильная машина, содержащая бортовой детектор и все движущиеся объекты (люди и движущиеся машины) с активными метками. Детекторы на

машинах обнаруживают все активно передающие теги; обычно применяется технология UWB или RFID. Активные метки могут быть обнаружены в хороших условиях и за объектами, но это зависит от ситуации. Необходимо продумать действия против разряженной батареи или неисправного передатчика обнаружение и потребность в резервной системе.



Рисунок 2 – Система безопасности автономной мобильной машины

С учётом вышеизложенного отметим, что в стратегиях безопасности автономных мобильных систем транспортных и технологических машин фактически существует лишь одна, но глобальная проблема с неопределённостью положения объекта. При этом полная изоляция объектов нецелесообразна, ключи или правила для входа в систему могут облегчить изоляцию, но также увеличивается и неопределенность. Разработчикам автономных мобильных машинных систем необходимо принять некоторую степень неопределенности при разработке систем контроля риска.

Работа выполнена под руководством доц. Платонова А.А.

Литература

1. Автономные мобильные системы «СКАДО» [Электронный ресурс] // СКАДО ОиП [сайт] [2021]. – URL: <https://snowmakers.ru/pylepodavlenie/avtonomnye-mobilnye-sistemy> (Дата обращения: 11.05.2021)
2. Безопасность движения – важнейший фактор деятельности Компании // Евразия-Вести: транспортная газета. – М: Стратим-ПКП. – 2012. – № 12. – С. 14-15.
3. Дорофеев, Я.В. Повышение безопасности движения путевых машин при производстве ремонтов пути / Я.В. Дорофеев, В.А. Показкий, Д.С. Попов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2019. Т. 1. С. 601-604.
4. Каталог автономных роботов [Электронный ресурс] // RoboTrends [сайт] [2021]. – URL: <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-avtonomnyh-robotov-dlya-raboty-v-selskom-hozyaystve> (Дата обращения: 11.05.2021)
5. Платонов, А.А. О некоторых особенностях распределения эксплуатационной длины железнодорожных путей по субъектам Российской Федерации / А.А. Платонов, М.А. Платонова // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России. Сборник научных трудов. 2018. С. 329-333.
6. Платонов, А.А. Особенности организации безопасного движения специального самоходного подвижного состава / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Воронежский научно-технический Вестник. - 2014. - Т. 3. № 2 (8).- С. 80-86.
7. Платонов, А.А. Особенности эксплуатации специального самоходного подвижного состава на комбинированном ходу / А.А. Платонов, М.А. Платонова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2013. - № 1. - С. 152-155.
8. Платонов, А.А. Перспективы внедрения инновационной путевой техники по сети железных дорог ОАО «РЖД» / А.А. Платонов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2015. № 1 (69). С. 69-72.
9. Платонов, А.А. Унификация названий транспортных средств на комбинированном ходу / А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - № 1. - С. 224.
10. Платонова М.А. Инновационные колёсные машины для обслуживания железнодорожного пути / М.А. Платонова, А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. -2013. - № 2. - С. 198.

11. Система помощи машинисту на базе ИИ [Электронный ресурс] // Cognitive Pilot [сайт] [2021]. – URL: <https://cognitivepilot.com/products/cognitive-rail-pilot/> (Дата обращения: 17.05.2021)
12. Malm T., Ahonen T Safety concepts for autonomous and semi-autonomous mobile work machines // 9th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems: SIAS 2018. – Nancy: 2018, pp. 104-108.

УДК 377.131.11

ВОПРОСЫ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТ НА ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТАХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Кузнецова Э.А.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения уровня механизации и автоматизации ряда технологических процессов на объектах железнодорожного транспорта, а также иных инфраструктур.

Ключевые слова: процесс, механизация, уровень, безопасность.

В процессе выполнения целого ряда работ на инфраструктурных объектах железных дорог с целью повышения производительности труда и качества выполняемых работ нередко используют различные средства механизации, а также автоматические и /или полуавтоматические устройства, вплоть до применения роботов, роботизированных комплексов и систем. В частности, вопросами применения роботов и манипуляторов в различных отраслях промышленности занимались различные отечественные и зарубежные исследователи (например, [2, 3, 9] и др.). На железнодорожном транспорте стараются не отставать от веяния времени. В частности, кроме применения на производстве различных средств механизации [5, 6], управляемых зачастую в ручном режиме, в последние годы ширится применение так называемых «автономных» механизмов, способных выполнять необходимую работу в целом самостоятельно. К таким механизмам (а вернее, уже машинам) относится например тестируемый на станции Лужская беспилотный маневровый тепловоз (рис. 1):



Рисунок 1- Беспилотный маневровый тепловоз

Однако, при обсуждении автономных машин и механизмов следует определять термин «автономный», чтобы разделять общее понимание того, что это на самом деле означает в данном контексте.

В соответствии с [4] широко используемый термин «автоматизация» является одним из направлений научно-технического прогресса, которое использует саморегулирующие технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций. В целом же это автоматизированное оборудование или автоматизированная система, призванные уменьшить работу, выполняемую людьми. Автономный режим может быть определен как «статус эксплуатации транспортного средства, когда технология, которая представляет собой комбинацию аппаратного и

программного обеспечения, удаленного и / или бортового, выполняет задачу динамического вождения, с физическим лицом, активно контролирующим автономное управление, или без него»[11]. В соответствии с европейским стандартом ISO 17757 «Землеройные машины и горнодобывающая промышленность. Безопасность автономных и полуавтономных машинных систем» определения автономной работы и автономной машины выглядят следующим образом:

- автономная работа: это режим работы, в котором мобильная машина выполняет все критически важные для безопасности и землеройные или горные работы, связанные с определенными операциями без оператора взаимодействия. Оператор может указать пункт назначения или навигационный ввод, но это не требуется для утверждения контроля во время определенной операции.

- автономная машина: это мобильная машина, которая предназначена для работы в автономном режиме в течение своего обычного рабочего цикла.

В целом дальнейшее развитие механизации работ на железной дороге, а также ряде объектов иных инфраструктур [8, 10] от отдельных автоматизированных машин до автономных или полуавтономных машинных систем принесло ответы на следующие сложные вопросы:

- как определить требования безопасности на уровне системы для уникальных частей машинного оборудования?
- как распределить требования безопасности по разным подсистемам?
- как определить все необходимые уровни защиты и их требования к функциональной безопасности?
- как проверить концепции безопасности и решения по безопасности в автономном машинном оборудовании?

Следует отметить, что среди производителей мобильных рабочих машин и поставщиков систем наибольшее беспокойство вызывают новые угрозы, связанные с автоматизацией, а также возможные неожиданные опасные события и непредвиденные последствия.

Новые угрозы безопасности [1] проявляются в сложных взаимодействиях человека с машиной, сложных системных операциях и ситуации технического обслуживания, систематических или случайных системных сбоях в системах управления и системных интерфейсах внутри операционной среды. Однако следует отметить, что безопасность автономных систем рабочего и машинного оборудования [7] не могут быть решены только бортовыми решениями безопасности машинного уровня. Кроме того, невыполнение безопасности системы за счет надлежащего анализа и уровней защиты может привести к потере удобства использования или производительности системы.

Таким образом, можно отметить, что оценка риска механизации и полной в перспективе автоматизации технологических процессов на железной дороге является непрерывным процессом. С точки зрения техники безопасности это означает постоянные усилия по обеспечению максимальной безопасности, при этом по возможности - на ранних этапах жизненного цикла системы с помощью инструментов проектирования и управления.

Работа выполнена под руководством доц. Платонова А.А.

Литература

1. Бецков, А.В. Системный анализ теории безопасности / А.В. Бецков, Н.А. Северцев. – М: МГУЛ, 2009. – 452 с.
2. Водовозов, В.М. Роботы в судокорпусных производствах / В.М. Водовозов, В.Н. Мядзель, Л.Н. Рассудов. – М: Судостроение, 1986. – 250 с.
3. Геттнер Р. Роботы сегодня и завтра / Р. Геттнер, Н. Зейдевиц – М: Педагогика, 1988. – 112 с.
4. Евгеньева, А.П. Словарь русского языка / А.П. Евгеньева. – М: Рус. яз.; Полиграфресурсы, 1999

5. Платонов, А.А. Исследование и систематизация существующих технологических процессов удаления нежелательной растительности / А.А. Платонов // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 3 (47). С. 63-73.
6. Платонов, А.А. О существующих технологических решениях и средствах удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2018. № 49. С. 48-53.
7. Платонов, А.А. Особенности обеспечения безопасности движения в европейском союзе / А.А. Платонов // Воронежский научно-технический Вестник. 2013. Т. 2. № 4 (6). С. 50-57.
8. Платонов, А.А. Особенности формирования капитальных вложений для создания систем машин удаления нежелательной растительности / А.А. Платонов, О.В. Терновская // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 3 (39). С. 164-174.
9. Попиков, П.И. Имитационная модель рабочего процесса манипулятора при удалении нежелательной растительности вместе с корневой системой в лесных насаждениях / П.И. Попиков, Л.Д. Бухтояров, А.А. Платонов, Е.Ю. Вакула // Resources and Technology. 2020. Т. 17. № 4. С. 1-14.
10. Platonov, A.A. Modern state of technical means to remove uncontrolled vegetation / Platonov A.A. // Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 1. С. 115-122.
11. Tiisanen R., Malm T., Ronkainen A. Top-Down approach for safety engineering in autonomous and semi-autonomous machinery systems // 9th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems: SIAS 2018. – Nancy: 2018, pp. 97-103.

УДК 621.315

ВОЗМОЖНОСТИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ПОМОЩЬЮ ДРОНОВ

Порошин М.А.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. Для исследования инфраструктуры железнодорожного транспорта в последние годы набирает популярность применение беспилотных летательных аппаратов. В статье рассматривается вопрос привлечения указанных аппаратов к профилактическому обслуживанию воздушных линий электропередачи, показаны организационные аспекты их безопасной эксплуатации.

Ключевые слова: инфраструктура, обследование, линии электропередачи, беспилотная авиация.

При поддержании железных дорог в нормативном состоянии рядом документов предусмотрено выполнение различного рода работ, к которым относятся например текущее содержание и ремонт железнодорожных путей (рис. 1, а), обслуживание и ремонт контактной сети (рис. 1, б), удаление нежелательной растительности [3, 4] вдоль полосы отвода железной дороги (рис. 1, в) и т.д.



Рисунок 1 – Нормативные работы содержания железнодорожного пути

Следует отметить, что при этом как в России, так и во всём мире существуют различные подходы как к непосредственному выполнению вышеуказанных работ, так и к их содержанию, а также оформлению [9] сопроводительной документации (в том числе – визуализации объектов инфраструктуры в графическом или ином виде [2, 6]).

В частности, должны подвергаться регулярным визуальным проверкам такие элементы железнодорожной инфраструктуры, как воздушные линии электропередачи [5]. Чтобы избежать ограничений при регулярном движении поездов, эта работа часто выполняется в выходные дни (в том числе – в технологические окна) или в ночную смену, нередко также и закрытия маршрутов. Поэтому такая работа является трудоемкой, длительной и дорогостоящей.

Одним из новшеств, пришедших в производственный процесс в последние годы, является применение для обследования элементов железнодорожного транспорта беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), автоматический (или управляемый человеком) полет которых может способствовать значительному сокращению затрат при одновременном повышении качества диагностики. Помимо снижения затрат на персонал, к минимуму сводится и продолжительность закрытия маршрутов, поскольку пролет над обследуемым объектом выполняется гораздо быстрее, чем обычные проверки для визуального осмотра. К достоинствам применения БПЛА относится также то, что на труднодоступные элементы исследуемых конструкций можно смотреть практически под любым углом [1, 7].

Долгосрочная цель - максимально автоматизировать как полет, так и оценку данных. Беспилотные аппараты, оснащенные датчиками, должны самостоятельно пролетать над железнодорожной инфраструктурой через заданные промежутки времени и записывать данные. Затем данные автоматически проверяются на предмет элементов, которые нужно исследовать. С помощью подходящего программного обеспечения для распознавания

образов дефекты и изменения в данных сканирования могут быть автоматически обнаружены и локализованы. Для этого записи изображений из предыдущих полетов технического обслуживания накладываются на текущие записи, а также сравниваются с изображениями из справочной базы данных. Если есть существенные изменения в инфраструктуре (например, образование трещин, ржавчины и других дефектов) результаты автоматически визуализируются для пользователя и предоставляются в обработанном виде. Эта автоматическая оценка и соответствующая визуализация значительно упростят и ускорят этапы технического обслуживания.

С учётом этого на немецких железных дорогах по данным [8] были проведены испытания системы визуальной проверки воздушных линий электропередачи вдоль полосы отвода железных дорог, при этом были исследованы различные методы автоматического анализа изображений и видео. В рамках этого проекта для полетов над железнодорожными путями было оборудовано два разных тестовых беспилотных летательных аппарата: первый - это мультикоптер, специально сконфигурированный компанией Copting GmbH для этого проекта и оснащенный подвижной камерой с высоким разрешением (42 мегапикселя; рис. 2). Проверяемые беспилотником изоляторы распознаются с помощью процессов искусственного интеллекта. Вторая система - это серийно выпускаемый мультикоптер (DJI Mavic) со встроенной видеокамерой 4K. Такое различие было использовано для изучения того, в какой степени коммерчески доступные беспилотные воздушные суда могут использоваться в долгосрочной перспективе для полетов без специального оборудования.



Рисунок 2 – Беспилотный летательный аппарат при исследовании воздушных линий электропередачи

Результаты испытаний показали следующее.

Используемая в данном проекте система камер обеспечивает разрешение объекта около 1 мм на пиксель на расстоянии 20 м от изолятора (рис. 3), при этом изолятор в принципе является легко узнаваемым.

В случае обнаружения объекта дрон идентифицирует те области изображения, в которых есть изоляторы, при этом автоматически можно отсортировать те изображения, на которых изоляторов не видно. Кроме того, для дальнейших этапов обработки достаточно использовать только соответствующие области изображения, что сокращает объем данных, подлежащих обработке. Также по данным [8] результаты испытаний показали, что в хороших метеорологических условиях получаемые при обследовании линий электропередачи видеоданные с имеющихся в продаже мультикоптеров также могут использоваться вместо дронов, специально изготовленных для этой работы.

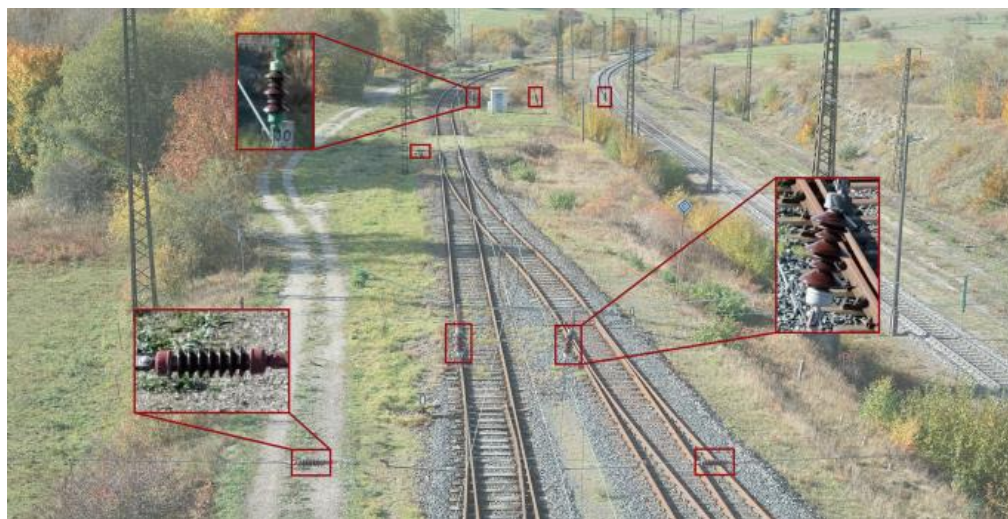


Рисунок 3 - Выявление обследуемых изоляторов БПЛА

С учётом вышеизложенного отметим, что подобный положительный опыт целесообразно использовать на наш взгляд на отечественных железных дорогах, особенно принимая во внимание возможность применения в реальных условиях эксплуатации имеющегося в продаже беспилотного летательного оборудования.

Работа выполнена под руководством доц. Платонова А.А.

Литература

1. Барбасов, В.К. Применение беспилотных летательных аппаратов для обследования линий электропередачи / В.К. Барбасов, П.Ю. Орлов, Е.А. Фёдорова // Электрические станции. -2016. -№ 10 (1023).- С. 31-35.
2. Нилова, В. И. Инженерная графика с элементами конструирования (ИГ с ЭК): учебное пособие / В.И. Нилова, О.В. Терновская, В.А. Нилов. – 2-е издание, стереотипное. – Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2019. – 220 с.
3. Платонов, А.А. Особенности формирования капитальных вложений для создания систем машин удаления нежелательной растительности / А.А. Платонов, О.В. Терновская // Лесотехнический журнал. -2020. -Т. 10. № 3 (39). -С. 164-174.
4. Платонов, А.А. Традиционные технологические процессы удаления нежелательной поросли в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов // В сборнике: Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник статей научной конференции. -2018. -С. 114-118.
5. Полуянова, М.С. Дистанционные методы обследования линий электропередач / М.С. Полуянова, Д.С. Соколов, Л.В. Боева, Г.Ю. Киселёв // Молодой ученый. -2017. -№ 22 (156). - С. 68-70
6. Терновская, О.В. Инженерная графика. Работа с чертежами в процессе изготовления изделия на основе патентного поиска: учебное пособие / О.В. Терновская, А.Н. Ивлев. – М: ФЛИНТА, 2020. – 170 с.
7. Тлеуов. А.Х. Разработка метода энергетического обследования линий электропередач беспилотными летательными аппаратами / А.Х. Тлеуов, А.А. Тлеуова, И.А. Пястолова, А. Сайфиев // Научные труды SWorld. -2016.- Т. 2. № 45. -С. 89-93.
8. Andert F., Kornfeld N. and Nikodem F. (2020) Zustandsüberwachung von Bahn Oberleitungen mit Kameradrohnen. EI - Der Eisenbahningenieur (5/2020), pp. 10-15.
9. Platonov, A.A. Visualization of volumes of works for removing unwanted vegetation from the territory of infrastructural objects / A.A. Platonov, L.N. Bogdanova // Colloquium-journal. 2020. № 2-2 (54). С. 143-148.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы внедрения на отечественном железнодорожном транспорте системы беспилотного управления локомотивом, рассматриваются достоинства данной системы.

Ключевые слова: процесс, искусственный интеллект, локомотив, автономная система.

В настоящее время во всём мире расширяется сфера применения технических средств, управляемых искусственным интеллектом с минимальным или с полностью отсутствующим вмешательством человека [4]. В частности, к перспективным областям использования указанных технических средств относится применение беспилотных [3] летательных аппаратов (БПЛА) для доставки грузов (масса которых регулируется грузоподъёмностью соответствующего летательного аппарата, а также возможностями по приёму данного груза в конечной точке его доставки; рис. 1, а) и/или перевозки людей [7, 9] (фактически – это мини-аэротакси; рис. 1, б). Следует упомянуть также и применение БПЛА для мониторинга за состоянием ряда инфраструктурных объектов (например, полос отвода автомобильных и железных дорог [5, 12], полос отвода для трасс ВЛ [6], а также загруженности дорожной сети; рис. 1, в).



Рисунок 1 – Сферы применения беспилотных технических средств

Большое количество перспективных разработок [8, 10] посвящено применению беспилотных технических средств на автомобильных дорогах, при этом если до массового воплощения на автомобильных дорогах общего пользования такие транспортные средства пока не допускаются, то применение беспилотных поездов метро является в наше время уже реальностью. Беспилотное метро уже давно действует в крупных мегаполисах - Париже, Барселоне, Риме и Стамбуле. Турецкое беспилотное метро (рис. 1, г) признано Международным союзом общественного транспорта лучшим в Европе – его составы, управляемые компьютером, способны перевозить до 1629 человек за один рейс.

Приведённая нами широта сферы применения рассматриваемых технических средств диктуется их достоинствами, среди которых можно выделить вышеуказанное их управление искусственным интеллектом (ИИ), способным мгновенно реагировать на изменение складывающейся вокруг данных технических средств обстановки.

Не отстают от мировой тенденции развития сферы применения беспилотных технических средств и отечественные железные дороги. Как отмечается в [1], железнодорожный транспорт – один из самых надежных, и его безопасность только растет. С 2015 по 2019 года количество происшествий упало с 8,5 тыс. до 2,9. Однако это число остается высоким, а помимо человеческих жизней, последствиями железнодорожных аварий являются дорогостоящий ремонт, парализация движения и другие существенные материальные потери (рис. 2).



Рисунок 2 – Последствия происшествий на железной дороге

Человеческие ошибки так же не редки, известны случаи, когда по ошибке машиниста состав выходил за пределы станции или проезжал под запрещающий знак. Во время движения машинист постоянно получает информацию с пути: регламентирующие сигналы движения тепловоза, местоположения людей и объектов инфраструктуры, а также команды диспетчера [2]. Рабочая смена может длиться до 12 часов, в том числе и ночью, и машинист всё это время должен быть предельно внимательным. Но рано или поздно человек устает или что-то упускает, что может привести к аварии, опасности для жизни людей и материальным убыткам.

Для исключения вышеуказанных случаев (или, как минимум, достаточно резкого их уменьшения) в 2019 году компания Cognitive Pilot [11] запустила экспериментальный проект совместно с ОАО «РЖД», установив систему Cognitive Rail Pilot на локомотивы ЧМЭЗ (рис. 3).



Рисунок 3 – Локомотив ЧМЭЗ с интеллектуальным комплексом

В состав системы Cognitive Rail Pilot входят блок видеокамер с электронной системой контроля и поддержания климата, и трех осевой системой гашения вибраций, специализированный радар миллиметрового диапазона высокого разрешения, датчик глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS) высокой точности,

высокопроизводительный вычислительный блок промышленного уровня, обеспечивающий 65 терафлопс вычислительной мощности смешанной точности, AI-алгоритмы обработки данных, система защиты питания и контроля отказов, блок интеграции тягово-тормозной системы.

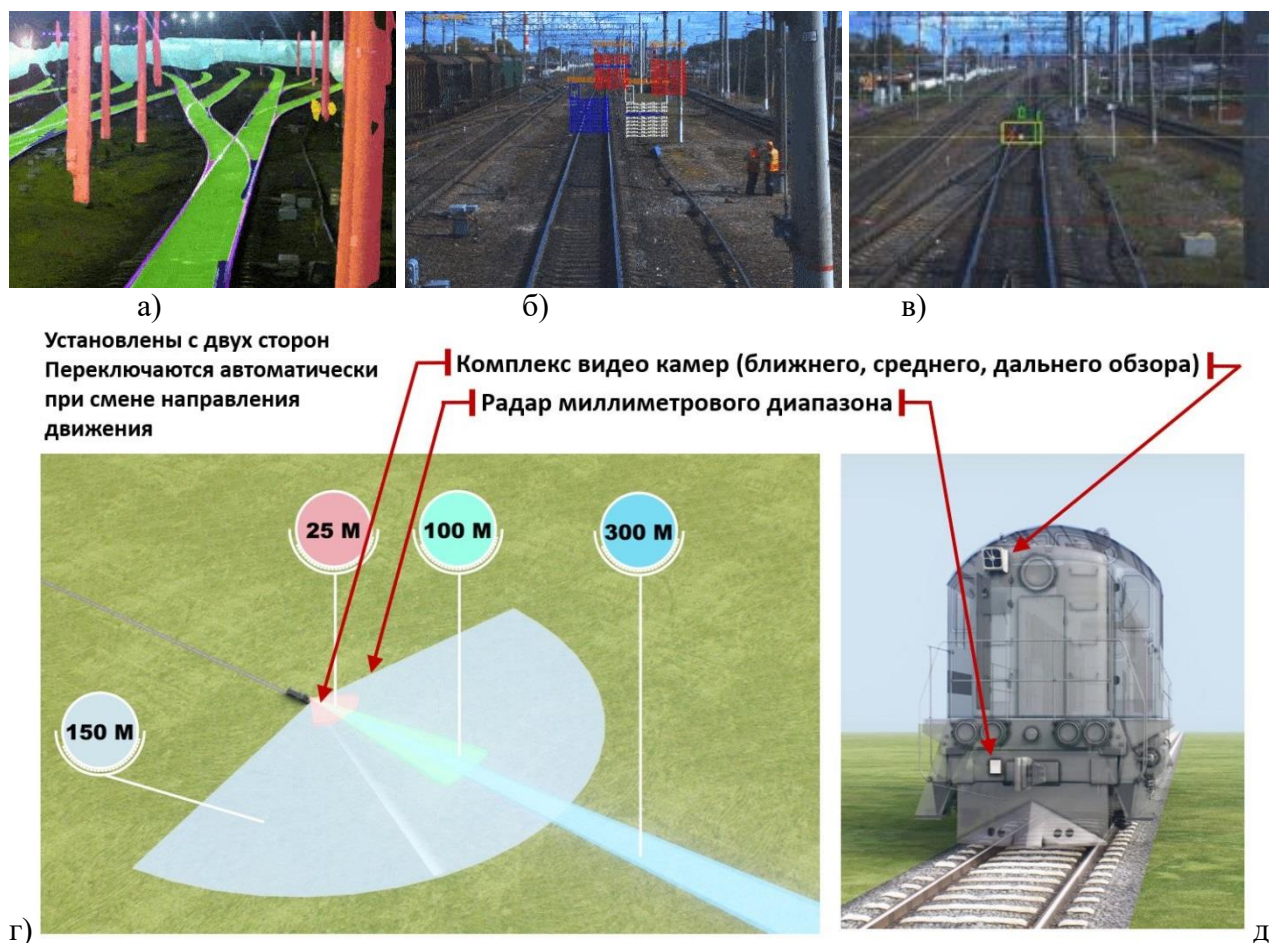


Рисунок 4 – Окружающая обстановка системы Cognitive Pilot + ЧМЭЗ

Созданные компанией Cognitive Pilot нейронные сети глубокого обучения и алгоритмы постобработки позволяют выделять основные классы объектов дорожной обстановки (рис. 4, а), определять сигналы светофора (рис. 4, б), детектировать положение стрелок (рис. 4, в). Ввиду того, что управление перевозками требует точной информации о местонахождении локомотива, система Cognitive Rail Pilot, комбинируя данные спутниковой навигации, датчиков вращения колес, радаров и видео камер, с точностью 30 см знает, где и на каком пути находится локомотив, даже в условиях многопутных станций (рис. 4, г, д).

Вышеозначенный интеллектуальный программно-аппаратный комплекс прошел испытания в различных регионах России, включая Вологду и Уфу. В ходе этих тестов Cognitive Pilot изучил, как автономная система работает в различных погодных условиях и условиях освещения, а также с вагонами и без них. Компания также успешно выполнила маневровые работы, такие как остановка, плавный ход, сцепление и рабочее движение внутри станций [2]. Кроме того, в ходе испытаний моделировалось предотвращение прохождения тепловозом сигнала об опасности, проезда стрелочных переводов, предотвращения столкновений с другими поездами, а также с пешеходами и животными.

По данным [11] устанавливать беспилотную систему на тепловозы в нашей стране экономически выгодно ввиду большого количества составов (50 тысяч локомотивов только у РЖД и 10 тысяч у частных компаний), их стоимости (негласное правило – система не должна стоить дороже техники) и окупаемости всего предприятия (рис. 5):

ПОТРЕБЛЕНИЕ ТОПЛИВА, ЛИТРОВ В ЧАС	ЗАРПЛАТА ПОМОЩНИКА МАШИНИСТА, РУБЛЕЙ В МЕСЯЦ
300	40000
ЦЕНА ТОПЛИВА, РУБЛЕЙ ЗА ЛИТР	ЧИСЛО БРИГАД
45	4.4
СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ТОПЛИВА ПРИ ПРОСТОЯХ СОСТАВИТ	ЭКОНОМИЯ НА ФОТ ПОМОЩНИКА МАШИНИСТА СОСТАВИТ
4927500 рублей в год, при простое 1 час в день, или 365 часов в год.	2112000 рублей в год

Рисунок 5 – Экономическая составляющая внедрения системы Cognitive Pilot + ЧМЭЗ

В 2021 году Cognitive Pilot планирует изготовить более 2000 беспилотных комплексов, которые смогут обеспечить безопасную работу железнодорожного подвижного состава в сложных погодных и климатических условиях и при любой освещённости.

С учётом вышеизложенного отметим, что грамотное внедрение беспилотных технологий в железнодорожном транспорте обеспечит повышение качества работы парка и системы перевозок в целом. Правда, одним из сдерживающих факторов для их массового использования становится отсутствие стандартов и недостаточное регулирование подобных систем.

Работа выполнена под руководством доц. Платонова А.А.

Литература

1. Белова, Е.Е. Нормативное обеспечение надежности железнодорожного транспорта / Е.Е. Белова, В.И. Драгун, В.А. Перминов, В.И. Грек // Стандарты и качество. -2018. -№ 9. - С. 32-35.
2. Беспилотники появятся на российской железной дороге уже в 2021 году [Электронный ресурс] // Инфокоммуникации онлайн [сайт] [2021]. – URL: <https://ict-online.ru/news/n190704/> (Дата обращения: 17.05.2021)
3. Джунипер А. Дроны. Практическое руководство / А. Джунипер. – М: КоЛибри, 2019. – 160 с.
4. Дустмуродов, А.Х. О некоторых возможностях информационного поиска перспективных конструкций беспилотных летательных аппаратов / А.Х. Дустмуродов // Актуальные проблемы современной науки: взгляд молодых ученых: сборник тезисов докладов II международной научно-практической конференции (18 марта 2021 г.). – Алчевск: ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021. – с. 55-59
5. Минаков, Д.Е. Технологические схемы текущего содержания участков полосы отвода железных дорог / Д.Е. Минаков, А.А. Платонов, Е.Ю. Минаков // В сборнике: ТРАНСПОРТ: НАУКА, ОБРАЗОВАНИЕ, ПРОИЗВОДСТВО. Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж, 2020.- С. 236-241.
6. Платонов, А.А. Вопросы утилизации нежелательной растительности при содержании охранных зон трасс ВЛ / А.А. Платонов // Воронежский научно-технический Вестник. -2020. -Т. 1. № 1 (31). -С. 95-102.
7. Платонов, А.А. К вопросу обеспечения транспортной доступности отдаленных населенных пунктов дорожно-рельсовыми автобусами / А.А. Платонов // История и перспективы развития транспорта на севере России.- 2017.- № 1. -С. 45-49.
8. Платонов, А.А. Перспективы внедрения инновационной путевой техники по сети железных дорог ОАО «РЖД» / А.А. Платонов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. -2015. -№ 1 (69). -С. 69-72.

9. Платонов. А.А. Социальная значимость организации пассажирских перевозок дорожно-рельсовыми транспортными средствами / А.А. Платонов // Ученые заметки ТОГУ. -2015. -Т. 6. № 1. -С. 109-113.
10. Платонова. М.А. Инновационные колёсные машины для обслуживания железнодорожного пути / М.А. Платонова, А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. -2013. -№ 2.- С. 198.
11. Система помощи машинисту на базе ИИ [Электронный ресурс] // Cognitive Pilot [сайт] [2021]. – URL: <https://cognitivepilot.com/products/cognitive-rail-pilot/> (Дата обращения: 17.05.2021)
12. Platonov, A.A. Visualization of volumes of works for removing unwanted vegetation from the territory of infrastructural objects / A.A. Platonov, L.N. Bogdanova // Colloquium-journal. -2020. - № 2-2 (54). -С. 143-148.

УДК 629.73

ВОПРОСЫ И РЕШЕНИЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ОЧИСТКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Тормосов М.В.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности очистки от загрязнений машин и механизмов, применяемых на объектах железнодорожной транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: инфраструктура, объект, транспортное средство, очистка, параметры.

При выполнении ряда работ на объектах железнодорожной транспортной инфраструктуры [6, 8, 9] возможно применение целого ряда машин и механизмов [5, 10], облегчающих (а нередко и заменяющих) ручной труд человека при одновременном повышении качества и производительности работ. Так, для выправки железнодорожного пути применяются выправочно - подбивочно - рихтовочные машины ВПР (рис. 1, а), для дефектоскопии железнодорожного пути применяются диагностические вагоны «СПРИНТЕР» (рис.1, б), для удаления нежелательной растительности вдоль полосы отвода применяются многофункциональные экскаваторы [3, 7, 11] KGT (рис. 1, в) и т.д.



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Некоторые машины и оборудование для ремонта и обслуживания инфраструктуры железных дорог

С определённой периодичностью вышеуказанные технические средства должны проходить процедуру очистки от загрязнений [1, 12]. При этом следует иметь ввиду, что состав грязевой пленки на железнодорожных транспортных средствах сильно отличается от состава такой же пленки на дорожных транспортных средствах, что в свою очередь требует специальной технологии очистки. В частности, это связано с высоким содержанием соединений железа, что в значительной степени связано с износом колес / рельсов.

Регулярная чистка кузова железнодорожных транспортных средств служит как для обеспечения положительного имиджа бренда железнодорожной компании (в данном случае – ОАО «РЖД», как вариант – брендов грузовых компаний и т.д.), так и для избежания экологических штрафов [2].

Таким образом, эффективная и экономичная технология внешней очистки рельсового транспорта во многом определяется конкретными рыночными условиями. При этом в основе тендера на соответствующее строительство и технологию установки по очистке (а также на оптимизацию работы после ввода в эксплуатацию) лежит понимание данной системы для транспортных средств и системной техники, в том числе эксплуатационных и экономических характеристик.

Общая концепция очистки железнодорожных транспортных средств должна быть направлена на достижение общих целей очистки. Поскольку понятие чистоты в конечном результате может субъективно сильно отличаться, необходимо, чтобы были описаны количественные и качественные требования (так называемые «приоритеты очистки», к которым может относиться следующее:

- локальная площадь загрязнения. Должны быть указаны абсолютные (измеримые) и относительные (воспринимаемые) параметры местных загрязнений;
- условия эксплуатации подвижного состава. Должны быть указаны типичные характеристики объектов работы очищаемых машин и механизмов;
- характеристики транспортных средств. Должны быть указаны габаритные размеры очищаемых машин и механизмов, состояние их поверхности, сложность контуров, возможные скрытые (при нормальном движении транспортного средства, но требующие очистки) поверхности;
- общее количество и однородность парка очищаемых машин и механизмов.

Исходя из этих результатов, для проектируемых для выполнения технологического процесса очистки установок определяется ряд их параметров в том числе: общие габаритные размеры, число и расстановка щеток, РН очистителя, дозировка и чистящие химикаты (если применимо), температурный режим, время контакта, потребность в обслуживающем персонале и т.д.

Очистка железнодорожных транспортных средств выполняется с определённой периодичностью, указанной в спецификации на конкретную машину / механизм организации-поставщика. В случае сбоев и ограничений по возможностям очистки (эксплуатационных, технологических, форс-мажорных) общая концепция очистки также должна содержать правила, определяющие, при каких условиях внешняя уборка может быть отложена и как обращаться с транспортными средствами в этих случаях.

Чаще всего комплекс очистки железнодорожных транспортных средств представляет собой открытый для сквозного перемещения ангар или проезд с расположенными в нём очищающими щётками (рис. 2, 3).

При этом в указанные комплексы кроме основной функции очистки (мойки) железнодорожных машин (механизмов) могут быть интегрированы дополнительные функции, связанные например с удалением льда, удалением граффити и т.д. При большом количестве транспортных средств, подлежащих очистке от обледенения, могут быть стационарно установлены распылители горячей воды или сопла горячего воздуха. Как вариант, в случае небольшого количества обледеневших транспортных средств могут быть

установлены патрубки горячей воды для ручного размораживания. При необходимости удаления граффити, что к сожалению является обычной практикой, могут быть предусмотрены отдельные рабочие стойки.

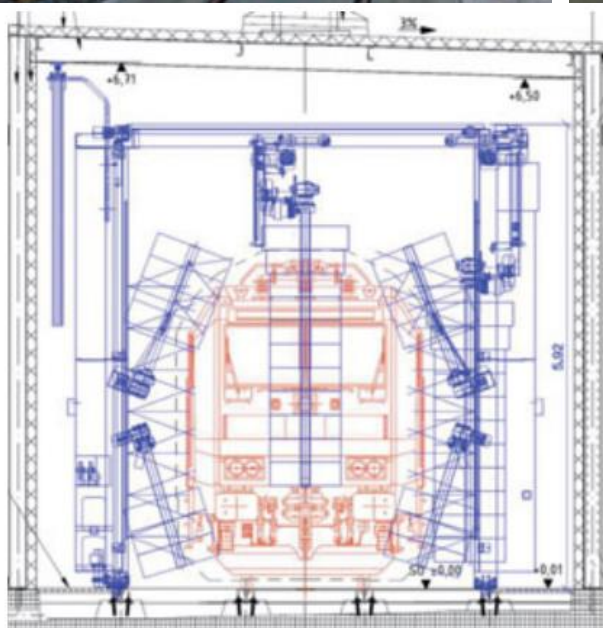


Рисунок 2 – Схема, внешнее и внутреннее наполнение комплекса по очистке железнодорожных транспортных средств

Исходя из количественной структуры, которую необходимо обработать, и требуемых инвестиций, комплексы по очистке (мойки) железнодорожных машин (механизмов) подразделяются на пять классов.



Рисунок 3 – Очищаемые транспортные средства

Первый класс представляет собой простые системы, где транспортные средства продвигаются своей собственной тягой и проезжают через систему, при этом полная стирка осуществляется минимум за два цикла без автоматической чистки торцевой («лицевой») поверхности. Использование нейтральных моющих средств обеспечивает экономичную очистку сточных вод без нейтрализации. Моющие системы класса производительности 5 сочетают в себе высокую степень автоматизации, высокую надежность и качество очистки с максимальной гибкостью с точки зрения геометрии контура, программы работы и использования чистящего средства. Техническое обслуживание транспортных средств преимущественно через системы класса 1 и 2.

Особенностями работ по удалению загрязнений с поверхности железнодорожных транспортных средств является то, что сами комплексы наружной очистки также требуется регулярно и тщательно очищать от накопившихся отложений [4]. Так, необходимо уделять внимание предотвращению коррозионного повреждения моечной техники, а также конструктивных (в том числе – бетонных, в составе которых может встречаться металлическая арматура) элементов. Очистка образующегося шлама представляет собой порой трудно выполняемую операцию, требующую применения специального оборудования и больших затрат ручного труда. Системы дозирования моющих средств требуют периодического осмотра и профилактического очищения, что в свою очередь может привести к незапланированным простоям оборудования. Сточные воды должны очищаться от моющих средств и в идеале вновь поступать в рассматриваемый технологический процесс.

Работа выполнена под руководством доц. Платонова А.А.

Литература

1. Берг, А.П. Технология очистки деталей подвижного состава / А.П. Берг // В сборнике: Студент: наука, профессия, жизнь. материалы всероссийской студенческой научной конференции с международным участием. Омский государственный университет путей сообщения, 2014. -С. 88-95.
2. Воробьев, А.А. Анализ современных способов очистки узлов и деталей при ремонте подвижного состава / А.А. Воробьев, А.М. Будюкин, Д.Ю. Понамарев // В сборнике: Специальная техника и технологии транспорта. Сборник научных статей. Санкт-Петербург, 2020. -С. 89-94.
3. Драпалюк, М.В. Современные машины и оборудование для лесного хозяйства на комбинированном ходу / М.В. Драпалюк, А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. -2013. -№ 3. -С. 12.
4. Медведева, В.М. Экологичные технологии очистки сточных вод для объектов инфраструктуры московского полигона железной дороги / В.М. Медведева, Е.Н. Пирогов, В.А. Семеновых // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. -2016. -Т. 9. № 9 (9). -С. 166-174.
5. Платонов, А.А. К вопросу обеспечения транспортной доступности отдаленных населенных пунктов дорожно-рельсовыми автобусами / А.А. Платонов // История и перспективы развития транспорта на севере России. -2017. -№ 1. -С. 45-49.
6. Платонов, А.А. О местах воздействия на нежелательную растительность при её удалении с территорий транспортных инфраструктур / А.А. Платонов // В сборнике: Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Материалы XVII Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Ю.М. Авдеев. -2019. -С. 216-218.
7. Платонов, А.А. О существующих технологических решениях и средствах удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. -2018. -№ 49. -С. 48-53.

8. Платонов, А.А. Организация работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог | А.А. Платонов // Воронежский научно-технический Вестник. -2016. -Т. 1. № 1 (15). -С. 17-23.
9. Платонов, А.А. Структура формирования технологических процессов удаления нежелательной растительности с эксплуатационных объектов инфраструктуры / А.А. Платонов // Ползуновский альманах. -2020. -№ 1. -С. 65-68.
10. Платонов, А.А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации / А.А. Платонов // Resources and Technology. -2017. -Т. 14. № 2. -С. 33-48.
11. Платонов, А.А. Унификация названий транспортных средств на комбинированном ходу / А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. -2014. -№ 1. -С. 224.
12. Полосин, Р.А. Перспективы развития мобильных систем мойки вагонов-цистерн / Р.А. Полосин // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. -2020. -№ 1 (49). -С. 62-67.

УДК 377.131.11

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНОВ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Березкина Д.А.

Филиал ФГБОУ ВО РГУПС г. Воронеж

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы включения в план научных исследований крупных отечественных компаний результатов работ сотрудников и студентов вузов.

Ключевые слова: исследование, результаты, план, заявка, реализация.

Процесс качественного обучения студентов высших учебных заведений в настоящее время немыслим без привлечения их к выполнению научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ [1], позволяющих на практике освоить им целый ряд соответствующих компетенций. Так, преподаватели привлекают студентов к написанию ряда научных статей, студенты под руководством преподавателя осуществляют изобретательскую деятельность [3, 4, 5] и т.д. При этом указанные работы могут выполняться в так называемом «инициативном» порядке, однако желательно перед началом их проведения выяснить у потенциального их Заказчика степень заинтересованности в планируемых результатах будущего труда.

Так, в структуре ОАО РЖД одним из перспективных направлений научных исследований является направление, связанное с удалением нежелательной поросли с полосы отвода железных дорог [9, 10]. В настоящее время такие работы нередко выполняются вручную с привлечением работников путевого хозяйства, которые вынуждены в рабочее время отвлекаться от выполнения своих прямых должностных обязанностей и вырубать указанную растительность топорами (рис. 1). Такой труд, зачастую – непроизводительный и некачественный, тем не менее является необходимым в части повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте. Привлечение же работников сторонних организаций на правах аутсорсинга [6, 8] также не всегда приводит к качественному выполнению указанных работ.

Аналогичные проблемы в части освобождения территорий от произрастающей нежелательной растительности наблюдаются и в структуре ПАО Россети и иных организациях [2]. Работники электросетевого хозяйства, заканчивая курсы вальщиков леса, в летний период времени очищают полосы отвода под линии ЛЭП [7] от нежелательной поросли (рис. 2). При этом здесь также велика доля ручного труда с применением топоров и иного ручного инструмента, хотя при этом нередко применяется и высокопроизводительная техника [11].



Рисунок 1 – Порубочные остатки в полосе отвода железной дороги



Рисунок 2 – Расчистка просек ЛЭП

С учётом вышеизложенного, заинтересованные в научных исследованиях преподаватели высшей школы и студенты могли бы заняться указанной тематикой. Однако, многое упирается как уже отмечалось выше в целесообразность и необходимость включения будущих результатов работ в план научных исследований какого-либо большого холдинга.

Так, в соответствии с Регламентом формирования и реализации программы НИОКР группы компаний «Россети» [12] программа НИОКР формируется на основании актуальных проблем электросетевого комплекса и перспективных направлений, утверждённых в соответствии с программами инновационного развития указанного акционерного общества.

Общая процедура формирования плана НИОКР состоит из шести этапов:

- этап № 1: определение актуальных тематик НИОКР;
- этап № 2: первичный сбор Заявок в Программу НИОКР;
- этап № 3: формирование Предложений по согласованным заявкам;
- этап № 4: экспертиза Предложений в Программу НИОКР;
- этап № 5: формирование Программы НИОКР;
- этап № 6: работа с результатами НИОКР.

Если преподаватель (при необходимости и при желании - в сотрудничестве со студентом) захочет включить тематику своего исследования в План, прежде всего ему необходимо заполнить Заявку, представляющую собой документ, направляемый для первичного рассмотрения на предмет включения предлагаемой темы в Программу НИОКР. Предложение представляет собой комплект заявочных материалов, заполняемых Заявителем в качестве дополнительных материалов к согласованной Заявке, с целью проведения экспертизы предлагаемой Заявителем тематики на этапах № 3-4. Предложение должно включать: Заявку, проект технического задания, проект календарного плана, смету расходов на выполнение НИОКР.

На этапе № 3 (формирование предложений) Центр компетенции осуществляет прием Предложений на основе Итогового перечня согласованных Заявок. Предложения оформляются Заявителями в соответствии с утвержденными на Этапе №1 формами, размещенными на официальном сайте. В течение 10 рабочих дней с даты получения Предложения в Программу НИОКР Центр компетенции обеспечивает первичное рассмотрение предложения на предмет корректности оформления Предложения. При необходимости Центр компетенции организует совещание с Заявителем на предмет уточнения Предложения или запрашивает дополнительную уточняющую информацию по нему. После истечения срока приема Предложений Центр компетенции в течение 10 рабочих дней формирует итоговый перечень Предложений. Итоговый перечень предложений направляется на экспертизу в соответствии с этапом № 4.

На этапе № 4 (экспертиза предложений) Центр компетенции направляет поступившие в Программу НИОКР предложения на рассмотрение членам экспертной группы. Экспертиза Предложения в Программу НИОКР включает экспертную оценку в части:

- соответствия критериям отнесения к актуальным тематикам НИОКР;
- возможности внедрения / применения результатов работы в деятельности компании;
- дублирования и новизны тематик НИОКР;
- обоснованности сметы расходов на выполнение НИОКР;
- обоснованности укрупненного расчета ожидаемого технико- экономического эффекта;
- обоснованности сроков выполнения НИОКР.

Члены экспертной группы в течение 10 рабочих дней с даты получения материалов направляют экспертные заключения на адрес электронной почты Центра компетенции. Центр компетенции направляет на рассмотрение свод экспертных оценок в Департамент технической политики и в Департамент обеспечения безопасности.

Департамент технической политики по результатам рассмотрения свода экспертных оценок в течение 10 рабочих дней с даты их получения принимает одно из следующих решений в отношении каждого предложения в программу НИОКР:

- включить предложение в перечень тем, рекомендованных к реализации в рамках Программы НИОКР (в случае наличия более половины положительных экспертных заключений);
- исключить предложение из дальнейшего рассмотрения (в случае наличия менее половины положительных экспертных заключений);
- перенести рассмотрение предложения на следующий период формирования Программы НИОКР (в случае нарушения сроков подачи предложения или не представления дополнительных обоснований).

На основании решений Департамента технической политики и предложений Департамента обеспечения безопасности, Центр компетенции формирует перечень тем, рекомендованных к реализации в рамках Программы НИОКР.

На этапе № 5 (формирование Программы НИОКР) планы проведения НИОКР формируются в соответствии с Бюджетной политикой и целевыми значениями, установленными программами инновационного развития.

На этапе № 6 (работа с результатами НИОКР) в рамках реализации Программы НИОКР Департамент технической политики обеспечивает контроль за реализацией разработок.

Общая схема этапов формирования и реализации программы НИОКР представлена на рис. 3:

Таким образом, для включения «своей» тематики в План научных исследований крупной компании преподавателю вуза необходимо пройти несколько этапов, успешное прохождение которых не гарантировано, однако успех будет означать востребованность разрабатываемой темы.

Работа выполнена под руководством доц. Платонова А.А.

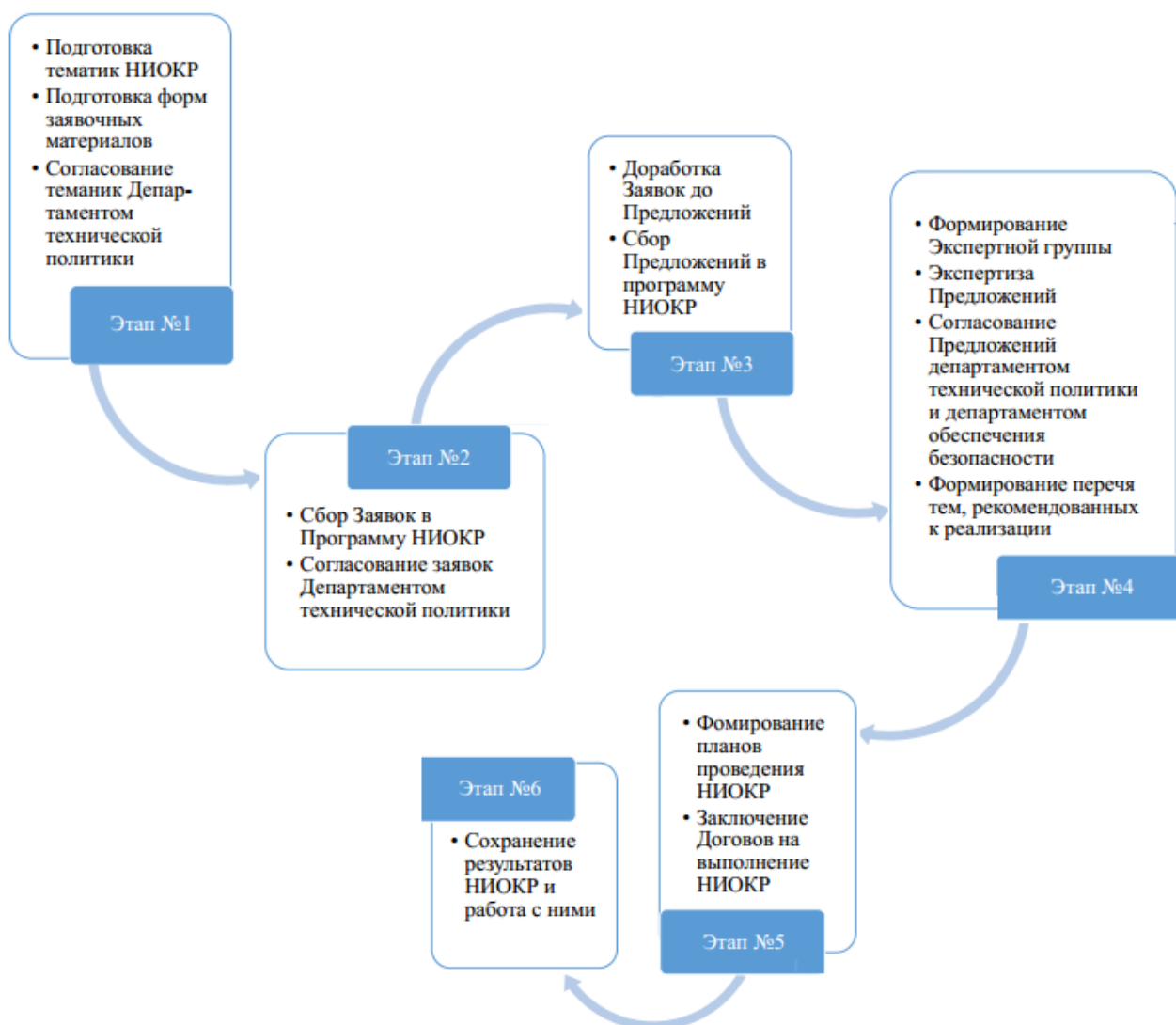


Рисунок 3 - Этапы формирования и реализации программы НИОКР

Литература

1. Горкий. В.В. О промышленном эксперименте / В.В. Горкий. – М: Высш. шк., 1978. – 112 с.
2. ГОСТ 34182-2017 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Эксплуатация и техническое обслуживание. – М: Стандартинформ, 2017. – 46 с.
3. Патент 2556898 РФ, МПК E01H 8/12. Устройство для очистки рельсовых путей / Р. В. Юдин, А. А. Платонов, М. А. Платонова; заявитель и патентообладатель ВГЛТУ. -№ 2014107412/13; заявл. 26.02.2014; опубл. 20.07.2015, Бюл. № 20
4. Патент 177622 РФ, МПК G06F 15/00. Устройство, реализующее функции экспертной системы оценки эффективности методики преподавания / А.Н. Ивлев, О.В. Терновская. № 2017115102: заявл. 27.04.2017; опубл. 02.03.2018.
5. Патент 188923 РФ, МПК G06F 15/00. Устройство, реализующее функции системы оценки активности обучаемых в учебном процессе/ А.Н. Ивлев, В.Н. Ивлева, О.В. Терновская [и др.]. № 2018138416: заявл. 30.10.2018; опубл. 29.04.2019
6. Платонов, А.А. Аутсорсинг в области борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах инфраструктуры / А.А. Платонов // Научное обозрение. -2017.- № 8. -С. 68-73.

7. Платонов, А.А. О местах воздействия на нежелательную растительность при её удалении с территорий транспортных инфраструктур / А.А. Платонов // В сборнике: Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Материалы XVII Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Ю.М. Авдеев. -2019. -С. 216-218
8. Платонов, А.А. О механизации аутсорсинговых работ в области борьбы с нежелательной растительностью на эксплуатационных объектах инфраструктуры // А.А. Платонов, М.А. Платонова // В сборнике: Транспорт: наука, образование, производство. труды международной научно-практической конференции. 2016. -С. 108-111.
9. Платонов, А.А. О существующих технологических решениях и средствах удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. -2018. -№ 49. -С. 48-53.
10. Платонов, А.А. Организация работ по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности в полосе отвода железных дорог / А.А. Платонов // Воронежский научно-технический Вестник. -2016. -Т. 1. № 1 (15). -С. 17-23
11. Платонов, А.А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации / А.А. Платонов // Resources and Technology. -2017. -Т. 14. № 2. -С. 33-48.
12. Регламент формирования и реализации программы НИОКР группы компаний «Россети»: утв. приказом ПАО «Россети» от 28.08.2019 № 173

Наука и образование: прошлое, настоящее и будущее
Сборник статей III межвузовской студенческой конференции
Том 1

10 сентября 2021г.
г. Воронеж, Россия

Отпечатано: филиал РГУПС в г. Воронеж
г. Воронеж, ул. Урицкого 75А
тел. (473) 253-17-31

Подписано в печать 24.09.2021 Формат 21х30 ½
Печать электронная. Усл.печ.л. – 12,5
Тираж 50 экз.