

---

## **РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКИМ ТРАНСПОРТОМ, ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**Антон ПАТЛИН, Надежда КУНИЦЫНА**

[antonij@inbox.lv](mailto:antonij@inbox.lv), [kunicina@latnet.lv](mailto:kunicina@latnet.lv)

*Антон Патлин, докторант, Надежда Куницына старший научных сотрудник  
Рижский Технический университет, Факультет энергетики и электротехники, Рига  
ЛАТВИЯ*

**Аннотация:** Данное исследование связано с оптимизацией использования электроэнергии в системе городского электротранспорта. Задача может быть решена при помощи использования современных технических методов, системного подхода, решений и алгоритмов по распознаванию образов. Целью статьи является предложить системный подход к решению задачи, планирования работу системы городского общественного транспорта.

**Ключевые слова:** система городского электротранспорта, электротранспорт, контроль движения, системный подход.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Разрабатывая систему управления движением общественного транспорта в условиях обединения в одну систему не связанных между собой видов транспортных средств, таких как: трамвай, троллейбус, автобус важно применять системный подход. Требуется обеспечить эффективность работы данной системы и её надёжность, а также важно учитывать социальные факторы и факторы, связанные с окружающей средой.

Внедрение системы управления движением общественного транспорта в реальном времени существенно уменьшает энергозатраты на транспортные пассажирские перевозки в городе Риге.

Внедряя системы непрерывного контроля и управления городским транспортом были проанализированные технические средства и возможности, которые могли бы быть использованы при интеграции такой системы в транспортную систему города Риги. В городе ежегодно возрастает интенсивность движения транспорта. Существующая система управления транспортом далеко не всегда

обеспечивает оптимальный бесперебойный график движения рижского городского транспорта, а также оптимальное использование ресурсов. Система рижского городского пассажирского транспорта на данный момент состоит из 448 автобусов, 252 трамваев и 318 троллейбусов.

Данное исследования посвящено разработке процедуры обеспечивающий непрерывный контроль за движением рижского городского транспорта и управление городским транспортом, используя элементы искусственного интеллекта, системы глобального позиционирования, а также учитывая приоритеты пассажиров.

Цель исследования состоит в том, чтобы разработать способ непрерывного управления движением транспорта, принимая во внимание как виды и модели транспортных средств, так и сигналы светофоров. Задачей исследования является анализ элементов системы управления и разработка процедуры непрерывного контроля движения, учитывая модели, виды транспортных средств и сигналы светофоров.

Согласно цели исследования, в данной статье описывается система непрерывного контроля за движением общественного транспорта в городе Риге (Латвия). В экспериментальной части описано применение системы ASOS - системы контроля трафика автобусов, важным элементом которой является GPS приёмник Rikaline GPS- 6010.

## 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИТУАЦИИ

Существующая система управления городским пассажирским транспортом в городе Риге далеко не всегда обеспечивает оптимальный график движения транспортных средств, а также оптимальное использование транспортных ресурсов в системе Рижского городского пассажирского транспорта.

Основными проблемами транспортного сектора, которые решаются посредством использования системы управления транспортом, являются:

- Контроль маршрута транспортного средства;
- Контроль расхода топлива и электроэнергии;
- Координирование всех транспортных средств в режиме реального времени.

Введение функции телеуправления, имеет большие перспективы для решения проблемы координации различных транспортных средств в одной системе. Большой интерес представляют интеллектуальные транспортные средства, в первую очередь, своим большим потенциалом в обеспечении безопасности управления движением и контролем за количеством потребляемой электроэнергии.

Ставится задача разработки процедуры контроля за системой, состоящей из транспортных средств, которые выполняют функций перевозок пассажиров в городе: предупреждение водителя (аварийная система предупреждений); частичное управление транспортным средством, ассистируя водителю в ситуациях близких к аварийным (предотвращая аварию); полный контроль над параметрами управления транспортным средством. В общем случае транспортным средствам необходимо обеспечивать конкретный уровень выполняемых функций, чтобы исключить возможность возникновения аварийных ситуаций.

Функциональная структура разрабатываемой транспортной системы показана на рис. 1.



Рис. 1. Функциональная структура транспортной системы

Используемые технологии:

- Электронная проверка соответствия номерного знака,
- Прослеживание сотового телефона,
- Глобальные системы позиционирования,
- Датчики петли,
- Отображение видео изображений,
- Автоматический контроль местоположения транспортного средства,
- Автоматическая идентификация транспортного средства,
- Микро моделирование,

Применение такой системы в условиях города Риги может обеспечить постоянный контроль за транспортными средствами и оптимизировать потребление электроэнергии.

## 2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для оптимизации потребления электроэнергии в транспортной системе, будут рассмотрены следующие подсистемы:

1.) Энергосистемы ( $Se$ ); 2.) Транспортные системы ( $St$ ); 3.) Множество пассажиров ( $Sp$ ).

Подмножества пассажиров  $S^p_1, S^p_2, \dots, S^p_k \in Sp$  в моменты времени  $t_1, t_2$ , транспортная система  $St$  с транспортными средствами  $S^t_1, S^t_2, \dots, S^t_n \in St$ , учитывая условия окружающей среды  $W_v$ . [6]

Для решения задачи эффективного использования электроэнергии на электротранспорте, в статье рассмотрена задача моделирования интеллектуальных

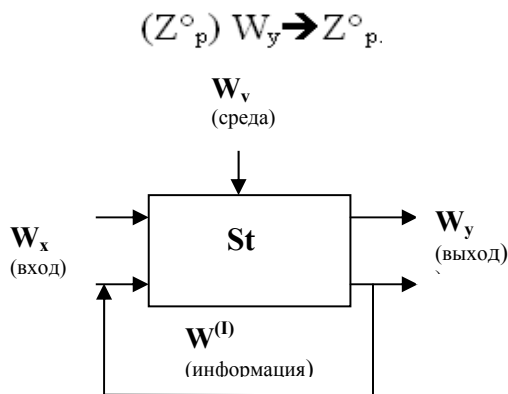
агентов для системы общественного транспорта.

Общественным транспортом пользуются пассажиры из множества  $S^p_1, S^p_2, \dots, S^p_k \in Sp$ . Пассажиры формируются в соответствии с их приоритетами  $Z^o_p$ . Подмножества пассажиров являются изменчивыми во времени, пассажиры могут менять виды транспорта (пересаживаться), чтобы своевременно достичь пункта назначения за приемлемую плату и в наиболее удобное для себя время.

Важно обеспечить необходимый пассажирам комфорт, с минимальным количеством рейсов и пересадок, что позволит оптимально использовать, как горючее, так и электроэнергию.

### 3. МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

На рисунке 2 показана схема управления транспортной системой,  $St$  – транспортная система; где  $W^{(l)}$  – обратная связь (система управления транспортом);  $W_x$  – вход в транспортную систему (ресурсы, пассажиры),  $W_y$  – выход из транспортной системы (ресурсы, пассажиры)  $W_v$  – влияние среды. Функционирование системы управления транспортом обеспечивается в соответствии с приоритетами пассажиров

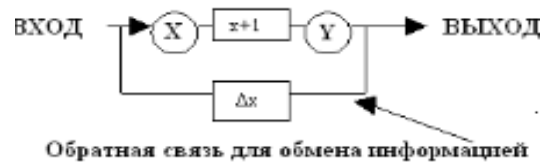


**Рис.2. Схема управления транспортной системой**

В решении задания используются методы теории систем, каждая из систем  $St$ ;  $Se$ ;  $Sp$  характеризуется, входом и условиями среды, а также необходимо для каждой системы обеспечить достижение целей пассажиров:  $Z^o$  ( $Z^o(St)$ ;  $Z^o(Se)$ ;  $Z^o(Sp)$ )- целями и приоритетами пассажиров могут являться: издержки, качество, время.

Пассажиры характеризуется: а.) пассажирскими целями (по группам); б.) временем поездки; с.) доходами; д.) временными затратами – не полученные доходы.

Транспортная система может быть характеризуется следующими параметрами: вид транспорта -  $S^t_i$  ( $i=1,2,3,\dots,t$ -трамвай, троллейбус, автобус). Каждый вид транспорта характеризуется: вместимостью, продолжительностью рейса, потреблением энергии. Для решения задачи предлагается использовать алгоритм Растригина (Rastrigin) [6,7].



**Рис.3. алгоритм Растригина (Rastrigin)**

- 1.) X- система начального входа;
- 2.) Информация – работа системы;
- 3.) Замеры выходных параметров;
- 4.) Y – выход.

Для увеличения эффективности использования электроэнергии в общественном транспорте [6], используется теория графов, потоков и расписаний. Задания решаются, используя гомоморфное моделирование.

Целью, в данном случае является, планирование работы транспортного средства при осуществлении пассажироперевозок, учитывая цели и приоритеты пассажиров по одному из логистических критериев (затраты, время, качество обслуживания пассажиров), а также подсчитать потребление электроэнергии заканчивая рейс в определенный период времени.

Остановки городского общественного транспорта рассматриваются как вершины графа, возможные транспортные маршруты – как лучи графа. Таким образом можно отобразить любой вид транспорта и его маршрут. В таком случае систему общественного городского транспорта можно рассматривать как гиперграф, где:  $P^{tr} = \{ P^{tr}_1, P^{tr}_2, \dots, P^{tr}_n \}$  и  $P^t = \{ P^t_1, P^t_2, \dots, P^t_u \}$ , каждый граф у которого  $n$   $x$   $u$  обозначен матрицей индикаторов  $P = (p_{ij})$ , где  $r_{ij} = 1$ , если  $n_i \in u_j$  иначе 0.

#### 4. ПРОЦЕДУРА КОНТРОЛЯ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКИМ ТРАНСПОРТОМ

1. Распределить транспортные системы  $S^t$  по видам транспорта  $S^t_i$ .

2. Оценить спрос на услуги общественного транспорта  $S^t_i$ , учитывая его изменение во времени.

3. Определить, которые из вершин графа  $P^t$ ;  $P^t$  являются вершинами гиперграфа  $P$ .

4. Определить минимальный спрос на транспортные перевозки  $S^t_{\text{direkt}}$ , учитывая условия окружающей среды  $W_v$ .

5. Определить время выполнения маршрута между остановками для каждого вида транспорта  $P^t$ ;  $P^t$ , во временном разрезе.

6. Оптимизировать количество транспортных средств на маршруте  $S^t_i$  и обеспечить информативную поддержку  $W_x$ ,  $W_y$ ,  $W_v$ .

7. Передать системе общественного транспорта, а также самим транспортным средствам входной управляющий сигнал  $W_x$ .

8. Осуществлять управление и контроль транспортного средства (скорость, торможение, ускорение и параметры транспортного средства).

9. Информировать о количестве пассажиров в салоне, передавать информацию другим  $W_y$ .

Внедрение функции контроля транспортных средств содержит множество многодисциплинарных целей:

- 1) безопасность движения;
- 2) эффективность энерго-временных затрат, связанных с контролем потоков движения,
- 3) уровень комфорта,
- 4) взаимодействие с окружающей средой (низкий уровень шума, минимальное загрязнение).

Для реализации процедуры контроля необходимо применение следующих технических средств:

1) быстрый сбор и получение информации о дороге и транспортном средстве, включающий визуальный сбор информации (радар, лазер), информация позиционирования (INS, GPS, MNS), информация о тех. параметрах - двигателе и т.д.

2) принятие решений основывается на обработке полученной информации, сгенерированных целях движения и включает в себя аварийные предупреждения, навигационное

управление, планирование кратчайшего пути, стыковочная помощь и др.

3) контроль движения основывается на решениях-указаниях, которые учитывают, контроль бокового движения, контроль продольного движения и их сложение.

Для реализации процедуры применяются множество механических, электронных и электромеханических элементов. Важнейшим элементом является микропроцессор, который соединяет все сенсоры и устройства контроля в единую цепь. Используя информацию с сенсоров, полученную из окружающей среды, микропроцессор производит её обработку, чтобы далее можно было производить движение в соответствии с ранее сохраненными алгоритмами контроля и принятия решений, которые, в свою очередь, помогают найти оптимальный план движения, учитывая реальные обстоятельства и состояния, а также производить необходимые операции.

#### 5. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ

На рисунке 4, схематически отображено размещённое на тестовом транспортном средстве, оборудование для обеспечения автономного движения автобусами, предложенная процедура контроля движения городским транспортом, позволяет осуществить контроль всех видов транспорта в режиме реального времени.

#### 6. ВЫВОДЫ

Разработка процедуры контроля движения городским транспортом, для оптимизации потребления электроэнергии в долгосрочной перспективе может дать существенный положительный эффект для сокращения потребляемых энергоресурсов при реализации пассажирских транспортных перевозок на городском пассажирском транспорте. Анализируя существующую транспортную систему и исследовав текущее потребление электроэнергии пассажирским электротранспортом при осуществлении пассажироперевозок, используя ряд алгоритмов, предложены решения, внедрение которых может положительно сказаться на уменьшении потребления энергоресурсов и увеличить безотказность работы транспорта города Риги.



Рис.4. Схематическое отображение управления автобусами

#### ЛИТЕРАТУРА:

[1] Antons Patlins, Kunicina N., Riga Technical University, LV; "Modeling of decision making procedures for reducing electric energy consumption in transportation of railway passengers", 16th International Railway Symposium EURNEX-ZEL2008 "Towards Sustainable and Competitive Rail System; Zilina; Slovak Republic 2008

[2] Herenda D. The role of telematics applications in an integrated transport system- Austria, 2007.

[3] Beķeris E. Signālu teorijas elementi- Rīga: Mācību apgāds, 1998.

[4] A. Patlins, N. Kunicina, Y. Chaiko, L. Ribickis. the development of expert system for

selecting of efficient reserve power supply source for the electrical supply of small SHIP, RTU, 2008.

[5] Greivulis J., Raņķis I. Iekārtu vadības elektroniskie elementi un mezgli. – Rīga: Avots, 239 lpp.

[6] Kunicina N., Galkina A. Elektroenerģijas izmantošanas efektivitātes paaugstināšanas procedūras izstrāde sabiedriska transporta sistēmai. - RTU zinātniskā konference, Rīga, 2007. - 8 lpp.

[7] Растрин, Л., А., Системы экстремального управления. Наука, Москва, 1974., 630 стр.

[8] Растрин, Л., А., Современные принципы управления сложными объектами, Советское радио, Москва, 1980., 232 стр.

## DEVELOPMENT OF PROCEDURES FOR URBAN PUBLIC TRANSPORT TRAFFIC CONTROL TO OPTIMIZE ELECTRIC POWER CONSUMPTION

**Anton Patlin, Nadezhda Kunicina,**

*Anton Patlin, PhD student, Nadezhda Kunicina, Senior research fellow, PhD, Riga Technical University, Faculty of Power and Electrical Engineering, Riga  
LATVIA*

**Abstract:** The presented study is connected with the optimization of power consumption in the system of urban public electrical transport. The problem can be solved using advanced technical methods, the system approach, solutions and algorithms of image identification. The purpose of the paper is to suggest a system approach to solve the problem and plan the operation of the system of urban public electrical transport.

**Key words:** system of urban public electrical transport, electrical transport, traffic control, system approach.