

Technical University of Sofia Faculty of Transport

SCIENTIFIC CONFERENCE
on Aeronautics, Automotive and
Railway Engineering and
Technologies

BulTrans-2014 PROCEEDINGS

Sponsored by:

Research and Development Sector
of Technical University of Sofia

МОТО-РФОНЕ



София Франс Ауто

AEBTRI

SSAB

SKODA



ЕТ
УРА ЕК ООД



ТРАНСВАГОН АД



АВТОМОТОР
КОРПОРАЦИЯ

TURBOTRUCKS.bg
вашият партньор на пътя



SCANIA
Скания България ЕООД

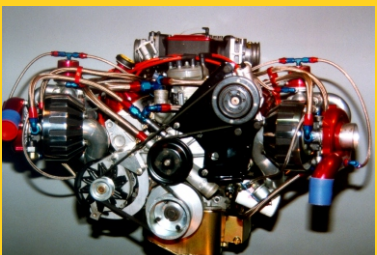
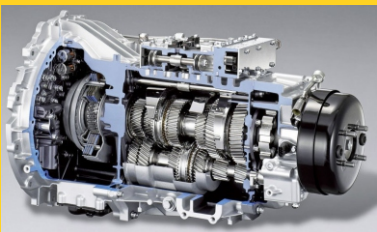
KNORR-BREMSE



BALKAN STAR



Lufthansa Technik



SCIENTIFIC COMMITTEE:

Chairman:

Prof. M. Hristov, Rector, TU Sofia, Bulgaria

Members:

Prof. A. Ams, TU-Bergakademie-Freiberg, Germany

Prof. A. Dimitrov, TU Varna, Bulgaria

Prof. B. Belnikolovski, TU Sofia, Bulgaria

Prof. D. Katsov, TU Sofia, Branch Plovdiv, Bulgaria

Prof. D. Stoyanov, TU Sofia, Bulgaria

Prof. E. Bratschitsch, University Graz, Austria

Prof. F. Massouh, Arts et Metiers ParisTech, France

Prof. G. Descombes, Arts et Metiers ParisTech, France

Prof. G. Kolarov, Hamburg University, Germany

Prof. H-H. Krause, University Merseburg, Germany

Prof. J. Majerčák, University Žilina, Slovakia

Prof. K. Rotaru, Military Academy, Bucharest, Romania

Prof. K. Vesselinov, TU Sofia, Bulgaria

Prof. M. Sitarz, Silesian University, Poland

Prof. M. Svitek, TU in Prague, Czech Republic

Prof. N. Nenov, Kableshkov Transport University, Bulgaria

Prof. P. Dimitrov, TU Sofia, Bulgaria

Prof. P. Getsov, Bulgarian Academy of Science, Bulgaria

Prof. R. Rusev, University of Rouse, Bulgaria

Prof. S. Medvedsky, University of Žilina, Slovakia

Prof. V. Zhivkov, TU Sofia, Bulgaria

ORGANIZING COMMITTEE:

Chairman:

Assoc. Prof. T. Evtimov, Dean, TU Sofia, Bulgaria

Vice-Chairman:

Assoc. Prof. B. Gigov, TU Sofia, Bulgaria

Editorial Board:

Assoc. Prof. O. Krastev, TU Sofia, Bulgaria

Assoc. Prof. M. Todorov, TU Sofia, Bulgaria

Assoc. Prof. V. Plev, TU Sofia, Bulgaria

Assoc. Prof. L. Kunchev, TU Sofia, Bulgaria

Assoc. Prof. K. Velkov, TU Sofia, Bulgaria

Assoc. Prof. P. Sinapov, TU Sofia, Bulgaria

Assoc. Prof. N. Nikolov, TU Sofia, Bulgaria

Secretariat:

Assist. Prof. P. Punov, PhD, TU Sofia, Bulgaria

Assist. Prof. V. Serbezov, PhD, TU Sofia, Bulgaria

Assist. Prof. N. Pavlov, PhD, TU Sofia, Bulgaria

Eng. Ph. Michaylov, TU Sofia, Bulgaria

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ:

Председател:

проф. Марин Христов, Ректор на ТУ-София

Членове:

проф. Алфонс Амс, ТУ- Фрайберг, Германия

проф. Ангел Димитров, ТУ- Варна

проф. Борис Белниколовски, ТУ- София

проф. Венелин Живков, ТУ- София

проф. Георги Коларов, Хамбург, Германия

проф. Димитър Кацов, ТУ-филиал Пловдив

проф. Димитър Стоянов, ТУ- София

проф. Емилия Брачич, UAS-Грац, Австрия

проф. Жорж Декомб, АМРТ-Париж, Франция

проф. Йозеф Майерчак, УЖ-Жилина, Словакия

проф. Камен Веселинов, ТУ- София

проф. Константин Ротару, Букурещ, Румъния

проф. Марек Ситарж, SUT- Катовице, Полша

проф. Мирослав Свитек, ТУ- Прага, Чехия

проф. Ненчо Ненов, ТУ “Т. Кableшков”-София

проф. Петър Гецов, ИКИ, БАН

проф. Петър Димитров, ТУ- София

проф. Руси Русев, РУ - Русе

проф. Фалоаз Масу, АМРТ -Париж, Франция

проф. Хорст-Х. Краузе, Мерзебург, Германия

проф. Щeфан Медведски, Жилина, Словакия

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ:

Председател:

доц. Теодоси Евтимов, Декан на Транспортния факултет, ТУ-София

Зам.-председател:

доц. Бойко Гигов, ТУ- София

Редакционна колегия:

доц. Олег Кръстев, ТУ- София

доц. Михаил Тодоров, ТУ- София

доц. Валентин Илиев, ТУ- София

доц. Лило Кунчев, ТУ- София

доц. Кирил Велков, ТУ- София

доц. Петко Синапов, ТУ- София

доц. Николай Николов, ТУ- София

Научни секретари:

гл. ас. Пламен Пунов, ТУ- София

гл. ас. Владимир Сербезов, ТУ- София

гл. ас. Николай Павлов, ТУ- София

инж. Филип Михайло, ТУ- София

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ СОФИЯ
ФАКУЛТЕТ ПО ТРАНСПОРТА



НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНО УЧАСТИЕ
по авиационна, автомобилна и
железопътна техника и технологии

БулТранс-2014

СБОРНИК ДОКЛАДИ

17 -19 Септември 2014 г.
Морска почивна станция “Лазур” в гр.Созопол

© Издателство на Техническия университет – София
© Technical University Academic Publishing House

© Редактор: Б. Гигов
© Editor: B. Gigov

Докладите са публикувани в сборника след рецензиране от двама специалисти в съответната област, членове на организационния комитет на конференцията.

Each report in the Proceedings is published after being reviewed by two experts in the respective field, members of the organizing committee of the Conference.

ISSN 1313-955X

CONTENTS / СЪДЪРЖАНИЕ

Keynote Lectures / Доклади

Plenary Session / Пленарна сесия

- Пер Хедмарк, Д. Делчев, **Повишаване якостта на умора на стоманите чрез ултразвук** 9
Per Hedmark, D. Delchev, **Fatigue Improvements with Ultrasonic Peening**

Секция: **Авиационна техника и технологии** Section: **Aeronautics**

- Цв. Велкова, Г. Дюран и М.Тодоров, **Изследване на влиянието на процепа между крило и задкрилка върху аеродинамичните характеристики на крилен профил на ултра лек самолет** 11
Cv. Velkova, G. Durand and M. Todorov **Study the Influence of a Gap between Thewing and Slotted Flap over the Aerodynamic Characteristics of Ultra-Light Aircraft Wing Airfoil**
- К. Ротару, Р. И. Еду, М. Андрес-Михайла и М. Иваница, **Интегриран модел на двигателя и надлъжната динамика на самолета** 17
C. Rotaru, R. I. Edu, M. Andres-Mihaila and M. Ivănică, **Integrated Model of the Engine and Aircraft Longitudinal Dynamics**
- Г. Маклаков, **Използване на системи за виртуална реалност за повишаване на ефективността в подготовката на авиационни специалисти** 21
G. Maklakov, **The Use of Virtual Reality Systems to Increase Efficiency in the Training of Aviation Specialists**
- Г. Маклаков, **Особености при моделирането на поведението на авиационни специалисти в екстремални ситуации** 25
G. Maklakov, **Special Features at Modeling of the Behavior of Aviation Specialists in Extreme Situations**
- Д. Блонски, А. Виерциак, К. Йезионек и В. Посполита, **Адаптиране на авиационен турбодвигател за целите на разпределение на енергията** 29
D. Błoński, A. Wierciak, K. Jesionek and W. Pospolita, **Adaptation of Aviation Turboengine for Purposes of Distributed Energy Generation**
- В. Илиев, **Компонентен модален синтез на краен елемент пластина** 33
V. Iliev, **Component Mode Synthesis of Plate Finite Elements**

Б. Василева, Ст. Бабалов и Б. Василев, Програмен продукт за симулационен анализ на операционните характеристики на приемника на метеорадар за целите на неговата калибровка	39
B. Vassileva, St. Babalov and B. Vassilev, Simulation Tool for Roc Analysis in the Context of Weather Radar Calibration	
К. Калагирева, Сравнение на ефективността на алгоритми за определяне на параметри на ЕГНОС	43
K. Kalagireva, Comparison of the Efficiency of EGNOS Parameters Determination Algorithms	
К. Калагирева и П. Граматиков, Европейската SBAS: алтернативата на инструментална система за кацане	49
K. Kalagireva and P. Gramatikov, The European SBAS: The Alternative Equivalent to Instrument Landing System	
П. Граматиков и К. Калагирева, Вторичен източник за захранване на жироскоп на безпилотни летателни апарати	55
P. Gramatikov and K. Kalagireva, Secondary Power Source for Unmanned Aerial Vehicle Gyroscope	
П. Граматиков и Б. Бойчев, Първичен електрозахранващ източник за безпилотен летателен апарат	59
P. Gramatikov and B. Boychev, Primary Power Sources for Unmanned Aerial Vehicle	
В. Радков, Метод за интелигентно смушаване на GSM комуникации	63
V. Radkov, GSM Communications Jamming - An Intelligent Method	
Ем. Маринчев, Д. Гешев и Ив. Димитров, Относно теоремата на Кутта-Жуковски, нейното обобщение и приложение в реален 3-мерен флуид	68
Em. Marinchev, D. Geshev and Iv. Dimitrov, On the Kutta - Joukovski Theorem, Its Generalization and Application in 3d Fluid	
Пл. Петров, Алгоритъм за откриване на конфликти във въздушното движение	73
Pl. Petrov, Air Traffic Conflict Detection Algorithm	
Пл. Петров, Геометричен метод за откриване на конфликти във въздушното движение	77
Pl. Petrov, Geometrical Air Traffic Conflict Detection Method	
Ал. Шамлиев, Ив. Ковачев и Цв. Стоянов, Симулация и визуализация на въздушния трафик и цифровата комуникация ръководител полети - пилот на базата на FANS	81
Al. Shamliev, Iv. Kovachev and Tsv. Stoyanov, Simulation and Visualization of the Air Traffic and Digital Communication Controller – Pilot on the Basis of the FANS	
Хр. Панайотов и С. Хафъзоглу, Изследване на аеродинамичните характеристики на профил с помощта на автоматизиран CFD-анализ	86
Hr. Panayotov and S. Hafizoglu, Airfoil Aerodynamics Investigation Using Automated CFD Analysis	

М. Петров, Моделиране полета на хеликоптера при изпълнение на спасителни операции в планинско-гориста местност M. Petrov, Modelling the Flight of a Helicopter in Performing Rescue Operations in Mountain Woodland	91
Й. Хаджиев, Хр. Панайотов и Д. Зафиров, Изследвания за реализация на автономен полет на безпилотен летателен апарат J. Hadzhiev, Hr. Panayotov and D. Zafirov, Research to Realization of Autonomous Flight of the Unmanned Aerial Vehicles	94
Ан. Павлов и Н. Величков, Изследване на точността на GPS приемник чрез изчисляване на геометричния фактор за работно съзвездие A. Pavlov and N. Velichkov, Examination of the Accuracy of a GPS Receiver by Calculating a Geometrical Factor for Writing Constellation	99
Пл. Роглев, Експериментални якостни изследвания на съчленено крило за безпилотен летателен апарат Pl. Roglev, Experimental Structural Studies of Joined-Wing for a Unmanned Aerial Vehicles	103
 Секция: Динамика, якост и надеждност на транспортната техника Section: Dynamics, Strength and Reliability of Vehicles 	
Б. Борисов и М. Цонева, Изследване на хомогенността на температурното поле в камера за понижени температури B. Borisov and M. Tsoneva, Study of the Homogeneity of the Temperature Field in a Chamber with Decreased Temperature	107
Н. Коцев и Л. Лазов, Безопасност и оценка на риска при товароподемни кранове N. Kotzev and L. Lazov, Safety and Risk Assessment of Hoisting Cranes	110
П. Синапов и Цв. Велкова, Влияние на еластичността на крило с профил NASA 0012 върху нелинейните му трептения P. Sinapov and Cv. Velkova, Influence of the Elasticity of the Wing with Airfoil NASA 0012 on Its Nonlinear Oscillations	115
Иг. Игнатов, П. Синапов, Кр. Неделчев и Ив. Кралов, Изследване на фрикционни трептения на плоча Ig. Ignatov, P. Sinapov, Kr. Nedelchev and Iv. Kralov, Study of Friction Induced Vibrations of a Plate	119
Т. Желязов, Моделиране на механичните реакции на аксиално натоварен структурен елемент подсилен с базалтово-фибърен полимер по метода на крайните елементи T. Zhelyazov, Finite Element Modeling of the Mechanical Response of an Axially Loaded Structural Element Strengthened with Basalt Fiber Reinforced Polymer	125

- Ив. Кралов, Ана Пискова и К. Неделчев, **Експериментално и числено изследване на собствените честоти и форми на колоос** 129
Iv. Kralov, Ana Piskova and Kr. Nedelchev, **Experimental and Numerical Study of Natural Frequencies and Modes of a Wheelset**

Секция: Двигатели с вътрешно горене и алтернативни горива

Section: Internal Combustion Engines and Alternative Fuels

- К. Данел, Кр. Перильон, П. Подван, Пл. Пунов, Ст. Лакоур и Ж. Декомб, **Избор на работен флуид в система за рекуперирание на енергия чрез цикъл на Ранкин във функция от източника на топлина** 136
Q. Danel, Chr. Perilhon, P. Podevin, Pl. Punov, St. Lacour and G. Descombes, **Working Fluid Selection of Rankine-Hirn Cycle in Function of the Heat Source**
- Пл. Пунов, Кр. Перильон, К. Данел, Ст. Лакоур, Ж. Декомб, П. Подван и Т. Евтимов, **Разработване на симулационен модел за оптимизиране на топлообменника от система за рекуперирание на енергия чрез цикъл на Ранкин** 142
Pl. Punov, Chr. Perilhon, Q. Danel, St. Lacour, G. Descombes, P. Podevin and T. Evtimov, **Development of 0d Simulation Model for Rankine-Hirn Cycle Heat Exchanger Optimization**
- Н. Милков, Пл. Пунов, Т. Евтимов, Ж. Декомб и П. Подван, **Топлинен баланс и анализ на възможността за рекуперирание на енергия в дизелов двигател с директно впръскване** 149
N. Milkov, Pl. Punov, T. Evtimov, G. Descombes and P. Podevin, **Energy and Exergy Analysis of an Automotive Direct Injection Diesel Engine**
- Е. Димитров, Хр. Кочев и Ат. Ташев, **Стенд за изследване влиянието на газови горива върху показателите на дизелов двигател** 155
E. Dimitrov, Hr. Kochev and At. Tashev, **An Experimental System to Study the Impact of Gas Fuels on Performance of Diesel Internal Combustion Engine**
- М. Мутафчиев, **Квазистационарен модел на процесите протичащи в двигателите с вътрешно горене** 159
M. Mutafchiev, **Quasi-Stationary Model of the Processes in Internal Combustion Engines**
- М. Мутафчиев, **Термодинамичен модел на основните процеси в двигателите с вътрешно горене** 163
M. Mutafchiev, **Thermodynamic Model of Fundamental Processes in Internal Combustion Engines**
- П. Баран, П. Кукуца и Д. Барта, **Симулации на неконвенционални механизми за двигател на Стирлинг** 167
P. Baran, P. Kukuca and D. Barta, **Simulations of Non-Conventional Mechanisms for Stirling Engine**

Секция: Автомобилна техника и технологии
Section: Automotive Engineering and Technologies

- Ив. Добрев и Ф. Масу, **Изследване на зависимостта между съпротивителната и подемната сила на автомобил с опростена форма** 171
Iv. Dobrev and F. Massouh, **Investigation of Relationship between Drag And Lift Coefficients for a Generic Car Model**
- Кр. Георгиев, Р. Иванов и Ив. Евтимов, **Аналитично изследване влиянието на някои фактори върху износването на гумите при движение без напречно увличане** 175
Kr. Georgiev, R. Ivanov and Iv. Evtimov, **Analitical Study on Influence of Some Factors on Tire Wear in Case of Motion without Side Slip**
- Ив. Евтимов, **Изследване влиянието на масата на автомобилите върху разхода на гориво при различни условия на движение** 179
Iv. Evtimov, **The Impact of the Vehicle's Mass on Its Fuel Consumption in Different Driving Conditions**
- Р. Иванов, Ив. Евтимов, Г. Кадикянов и Евг. Аврамов, **Изследване на сцеплението на гума за товарен автомобил с мобилна експериментална уредба** 182
R. Ivanov, Iv. Evtimov, G. Kadikjanov and Ev. Avramov, **A Study of the Truck Tire Grip Using Mobile Experimental Facility**
- Евг. Соколов и Д. Хлебарски, **Усъвършенстване на стенд за изпитване на автомобилни трансмисии по схема със затворен контур** 187
E. Sokolov and D. Hlebarski, **Improvement of a Test Bench for Testing of Automotive Transmission Units, Working on Recirculation Power Scheme**
- Сл. Божков и Л. Кунчев, **Приложение на програмата Catia V5 в автомобилната техника** 191
Sl. Bozhkov and L. Kunchev, **About the Features of Catia V5 Software in Automobile Engineering**
- П. Иванов, Е. Златанов и О. Кръстев, **Симулатор за определяне на енергийна ефективност и екологично въздействие на автономни транспортни средства** 195
P. Ivanov, Ev. Zlatanov and O. Krastev, **Simulator for Assessment of Energy Efficiency and Environmental Impact of Autonomous Transport Vehicles**

Секция: Железопътна техника и технологии
Section: Railway Engineering and Technologies

- П. Иванов, **Изследване на зависимостта между енергийната ефективност и времепътването на товарен железопътен състав по маршрута Сеново – Варна** 199
P. Ivanov, **Investigation of the Dependence Energy Efficiency - Travel Time for a Freight Train Operated on the Rail Section Senovo – Varna**

О. Кръстев, К. Велков и Иво Минчев, Изследване на възможностите за използване на пиезокристал, монтиран в релсовия път, като източник на алтернативна енергия	203
O. Krastev, K. Velkov and Ivo Minchev, Research of Possibilities for Usage of Piezo-Crystals, Mounted on Railroad, as an Alternative Energy Source	
К. Велков, О. Кръстев и С. Пургич, Процес на загуба на спирачна маса в дълги товарни влакове	207
K. Velkov, O. Krastev and S. Purgić, About Braked Weight Loss in Long Freight Trains	
Св. Славчев, К. Георгиева, В. Стоилов и С. Пургич, Анализ на резултатите от теоретични и експериментални изследвания на вагон Fals	211
Sv. Slavchev, K. Georgieva, V. Stoilov and S. Purgić, Analysis of the Results of Theoretical and Experimental Studies of Freight Wagon Fals	
Св. Славчев, К. Георгиева и В. Стоилов, Проблеми на моделирането на вагонни конструкции с черупкови крайни елементи	215
Sv. Slavchev, K. Georgieva and V. Stoilov, Issues of Wagon Modeling With Shell Elements	
Ил. Ангелов, Анализ на конструктивното изпълнение и синтез на силовата характеристика на хидропневматичен буфер	219
Il. Angelov, Analysis of the Constructive Performance and Synthesis of Force Characteristics for the Repair of an "Oleo-Type4" Buffer	
Д. Калинчак, Р. Резничек и М. Миколайчик, Влияние на композитни и лети спирачни накладки върху железопътните колела	223
D. Kalinčák, R. Řezníček and M. Mikolajčík, The Influence of Composite and Cast Iron Brake Blocks on Railway Wheels	

Секция: Мениджмънт и логистика в транспорта
Section: Transport Management and Logistics

Д. Салиев, Алгоритми за оптимизиране времената на фазите при промяна на продължителността на цикъла на светофарна уредба на кръстовище	227
D. Saliev, Time of Phase Optimization Algorithms in Case of Change the Traffic Signal Cycle Duration	
Д. Салиев, Ем. Маджарски, Г. Младенов и Ем. Свиленов, Анализ на задръжките при различни варианти на пресичане на пътното платно от пешеходци	231
D. Saliev, Em. Madzharski, G. Mladenov and Em. Svilenov, Analysis of Time Delay under Different Pedestrian Crossings	
Св. Стоилова и Р. Николова, Изследване схемата на движение на пътническите влакове с комбинирано прилагане на теорията за избор на решение и линейно оптимизиране	235
S. Stoilova and R. Nikolova, Investigation the Scheme of Movement of the Passenger Trains With Combination of Theory for Decision and Linear Optimization Method	

Св. Стоилова и В. Стоев, Приложение на софтуера за дискретно-събитийно симулиране ARENA за моделиране на технологичните процеси свързани със заминаването на пътниците в метеостанциите на софийския метрополитен S. Stoilova and V. Stoev, Application of ARENA Discrete Event Simulation Tool in the Modeling of Technological Processes on Departure of Passengers in Sofia's Metro Stations	243
Св. Мартинов, Определяне на основни елементи на техническия комплекс на наземната контейнерна транспортна система на България Sv. Martinov, Determination of Main Elements of the Technical Complex of the Inland Container Transportation System of Bulgaria	251
Р. Димитров и Св. Мартинов, Оптимизиране на модулна мултимодална логистична верига за превоз на уедрени товарни единици R. Dimitrov and Sv. Martinov, Optimization of Modular Multimodal Logistics Chain for the Transport of Cargo Consolidation	255
Р. Димитров и Д. Дичев, Анализ на компютъризирана информационна и резервационна система за железопътен транспорт в контекста на TSI TAP: български случай R. Dimitrov and D. Dichev, Analysis of Computerized Information and Reservation System for Rail Transport in the Context of TSI TAP: Bulgarian Case	259
Б. Арnaudов, Оценка на нивото на либерализацията на железопътния транспорт в България B. Arnaudov, Assess of the Level of Railway Liberalization in Bulgaria	265
Б. Арnaudов, Количествени модели за определяне на равнището на либерализацията в железопътния транспорт B. Arnaudov, Quantitative Model for Determining the Level of Railway Liberalization	271

АЛГОРИТМИ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ ВРЕМЕНАТА НА ФАЗИТЕ ПРИ ПРОМЯНА НА ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТТА НА ЦИКЪЛА НА СВЕТОФАРНА УРЕДБА НА КРЪСТОВИЩЕ

ДУРХАН САЛИЕВ

Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт”, Технически университет - София, България
durhan_saliev@tu-sofia.bg

Резюме:

В доклада се представят алгоритми за оптимизиране на продължителността на цикъла на светофарна уредба на кръстовище при намаляване или увеличаване на интензивността на транспортните потоци, които формират неговото натоварване.

Ключови думи: *транспортни потоци, време за чакане на кръстовище, продължителност на цикъла на светофарна уредба.*

1. Увод

Основна част от пътуванията в градовете е свързана с преминаването през кръстовища. Желанието на пътуващите да достигнат максимално бързо до назначението на своята дестинация пряко кореспондира с изискванията за минимално време за чакане при преминаването им. Това зависи от регулирането на кръстовищата, което се определя основно от интензивността на транспортните потоци [1].

2. Предпоставки и начини за решаване на проблема

Ситуациите, при които параметрите на пътно-транспортното движение се променят значително при това за продължителен период от време засягащ няколко месеца са често срещани в големите градове. При настъпването им е необходимо да се търси подход за решаване на проблемите, създавани особено от прекомерното намаляване или увеличаване на стойностите за интензивността на транспортните потоци.

За решаване тези проблеми са разработени алгоритми за оптимизиране на времената на фазите при промяна продължителността на цикъла на светофарната уредба. Основа при оптимизирането е критерий основан на минимално общо време за чакане на кръстовището [2].

При разработване на алгоритмите се спазват ограничителните условия посочени в [2], а именно:

- минимална продължителност на времето за зелен сигнал ($t_{g\min}$, сек.);
- запазване на продължителността на междинните времена;
- запазване на броя и вида на фазите на светофарната уредба.

Добавят се и следните ограничения:

- максимална продължителност на цикъла на светофарната уредба ($t_{c\max}$, сек.) – използва се в случай на увеличаване на цикъла;
- минимална продължителност на цикъла на светофарната уредба ($t_{c\min}$, сек.) – използва се в случай на намаляване на цикъла;
- запазване на съотношенията на сигналите към съответните потоци.

Необходимите входни данни за алгоритмите са:

- интензивност на пристигане на автомобилите към съответния клон на кръстовището (I_a , авт./сек.) [2];
- интензивност на преминаване на автомобилите от съответни поток (I_p , авт./сек.) [2];
- налично време на промяна, което е разликата в стойностите на времето за цикъл и сумата междинните времена (t_{av} , сек.) [2];

- минимална стойност на налично време за промяна (t_{avmin}) – използва се само в случаите на намаляване на цикъла;

- максимална стойност на налично време за промяна (t_{avmax}) – използва се само в случаите на увеличаване на цикъла.

Алгоритмите изискват запазването на съотношенията на сигналите към съответните потоци. За това се определят следните отношения:

$$R_r^{f_i} = \frac{t_{rs}^{f_i}}{t_{av}} \quad (1)$$

където:

$t_{rs}^{f_i}$ - продължителност на червения сигнал към i -тия поток при съществуващия цикъл на светофарната уредба, сек.;

t_{av} - наличното ни време за промяна.

$$R_g^{f_i} = \frac{t_{gs}^{f_i}}{t_{av}} \quad (2)$$

където:

$t_{gs}^{f_i}$ - продължителност на зеления сигнал към i -тия поток при съществуващия цикъл на светофарната уредба, сек.;

При оптимизацията се изменя наличното време за промяна с определена стъпка. Времената на съответните сигнали, при всяка промяна се определят съобразно стойностите получени по формули (1) и (2). Изчислява се времето за чакане на всеки поток и съответно общото време за чакане на кръстовището. Към стойността на наличното време за промяна при минимална сума на времената за чакане на всички потоци се прибавят междинните времена. Получената стойност за времето за цикъл и продължителност на съответните сигнали към потоците са оптимални съобразно поставеният критерий.

Определянето на времето за чакане на потоците се извършва съобразно това дали намаляваме или увеличаваме цикъла на светофарната уредба.

3. Резултати и дискусия

3.1 Алгоритъм за оптимизиране времената на фазите при намаляване продължителността на цикъл на светофарна уредба на кръстовище

При рязко намаляване на интензивността на транспортните потоци голямата продължителност на светофарния цикъл необосновано задържа малкият брой автомобили пристигащи на кръстовището. В тези случаи автомобилите, които пристигат на кръстовището за един цикъл на светофарната уредба (A_c) обикновено са по-малко или са равни на автомобилите, които могат да преми-

нат по време на зеления сигнал към съответния поток (P_g). За това алгоритъма е валиден при изпълнение на неравенството: $A_c \leq P_g$.

Автомобилите, които пристигат на кръстовището за един цикъл на светофарната уредба (A_c) се определя от сбора на броя автомобили, които пристигат по време на зелен (A_g) и червен (A_r) сигнал на светофарната уредба. Тяхната стойност е произведение на интензивността на пристигане на автомобилите (I_a) и продължителността на съответните сигнали [2].

Автомобилите, които могат да преминават по време на зеления сигнал към съответния поток (P_g) се определя произведението на интензивност на преминаване (I_p) и продължителността на зеления сигнал [2].

Намаляваме наличното ни време за промяна с определена стъпка Δt , при което имаме:

$$\begin{aligned} t_{av} &= T_1 \\ T_1 - \Delta t &= T_2 \\ &\vdots \\ T_j - \Delta t &= T_{m-1} \\ T_{m-1} - \Delta t &= T_m \end{aligned} \quad (3)$$

където:

$T_m = t_{avmin}$ - минималната стойност на наличното време за промяна, сек.

За всяка стойност на T_j имаме точно определено време за зелен и време за червен сигнал към съответния поток. Определят се по следните формули:

$$t_{rj}^{f_i} = T_j * R_r^{f_i}, \text{ сек.} \quad (4)$$

$$t_{gj}^{f_i} = T_j * R_g^{f_i}, \text{ сек.} \quad (5)$$

където:

$t_{rj}^{f_i}$ - продължителност на червения сигнал към i -тия поток при съответното j -то намаление на наличното време за промяна, сек.;

$t_{gj}^{f_i}$ - продължителност на зеления сигнал към i -тия поток при съответното j -то намаление на наличното време за промяна, сек..

Времето за чакане на поток при всяка j -та стойност на наличното ни време за промяна се определя съобразно представения метод в [2]. За всяка j -та стойност се пресмята и общото време за чакане на кръстовището (T_{wi}).

На основа на стойността на наличното време за промяна при минимално общо време за чакане на кръстовището изчисляваме оптималната продължителност на цикъла на светофарната уредба:

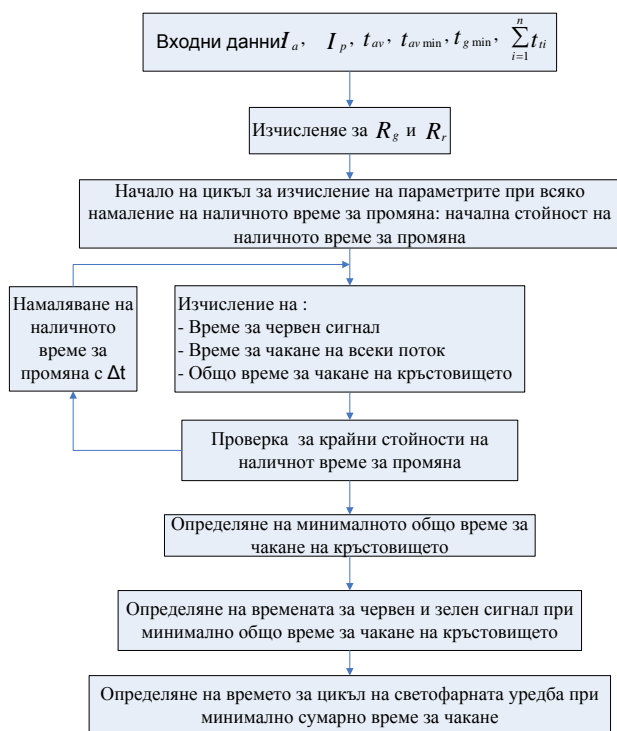
$$t_c^{opt} = t_{avj} + \sum_{i=1}^n t_{ii}, \text{сек.} \quad (6)$$

където:

t_c^{opt} - оптималната продължителност на цикъла на светофарната уредба;

$\sum_{i=1}^n t_{ii}$ - сума на междинните времена, сек.

При t_c^{opt} имаме съответни времена за червен и зелен сигнал към потоците определени по формули (4) и (5). Обобщена блок-схема на алгоритъма е представена на фиг. 1.



Фиг. 1 Обобщен алгоритъм за оптимизиране на времената на фазите при намаляване цикъла на светофарната уредба

3.2 Алгоритъм за оптимизиране времената на фазите при увеличаване продължителността на цикъл на светофарна уредба на кръстовище

Разработеният алгоритъм е аналогичен с този представен в блок-схема на фиг. 1.

Увеличаваме наличното ни време за промяна с определена стъпка Δt , при което имаме:

$$\begin{aligned} t_{av} &= T_1 \\ T_1 + \Delta t &= T_2 \\ &\vdots \\ T_j + \Delta t &= T_{m-1} \\ T_{m-1} + \Delta t &= T_m \end{aligned} \quad (7)$$

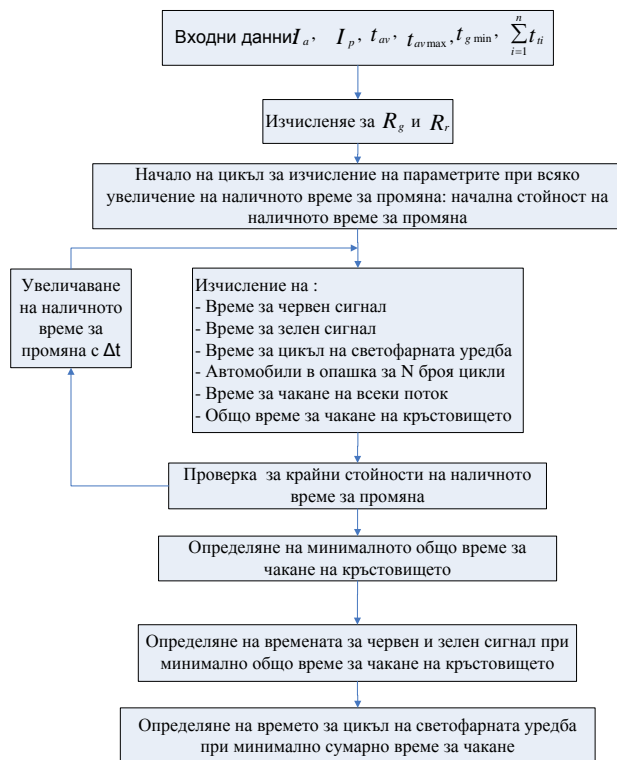
където:

$T_m = t_{avmax}$ - максималната стойност на наличното време за промяна, сек.

За всяка стойност на T_j имаме точно определено време за зелен и време за червен сигнал към съответния поток, които се определят се по формули (4) и (5).

Времето за чакане на поток при всяка j -та стойност на наличното ни време за промяна се определя съобразно представения метод в [2]. За всяка j -та стойност се пресмята и общото време за чакане на кръстовището (T_{wi}).

Съобразно стойността на наличното ни време за промяна при минимално общо време за чакане на кръстовището се определя оптималната продължителност на цикъла на светофарната уредба според формула (6). При това имаме определени времена за червен и зелен сигнал към потоците изчислени по формули (4) и (5). Обобщена блок-схема на алгоритъма е представена на фиг. 2.



Фиг. 2 Обобщен алгоритъм за оптимизиране на времената на фазите при увеличаване цикъла на светофарната уредба

4. Заключение

Разработените алгоритми за оптимизиране времената на фазите при промяна на продължителността на цикъла на светофарната уредба притежават следните по-важни предимства:

1. Използват достъпна входна информация.
2. Броя на изчисленията и тяхната сложност създават предпоставка за широкото им използване,

както при адаптивно сигнално регулиране така и при пресмятания за светофарни уредби с твърд режим на управление.

3. Сравнително бързо удовлетворяване на изискването за постигане на оптимални сигнали към съответните потоци.

4. При прилагането на тези алгоритми се гарантира намаляване на вредните влияния от използването на автомобилния транспорт в градовете.

5. Позволяват оптимизиране при пропускане на пътнотранспортното движение, както на изо-

лирани така и на взаимосвързани кръстовища, поради това, че запазват съотношението на първоначалните сигнали към потоците..

Литература

[1] Златанов, И., 1985. *Организация и безопасност на движението*. София, Техника.

[2] Салиев, Д. (2013). Моделиране на пътнотранспортното движение при настъпване на аварийни ситуации. Докторска дисертация, ТУ – София, София, България.

TIME OF PHASE OPTIMIZATION ALGORITHMS IN CASE OF CHANGE THE TRAFFIC SIGNAL CYCLE DURATION

Durhan Saliev, Department of engines, motor vehicles and transport, Technical University of Sofia, Bulgaria

Summary: The report presented algorithms to optimize the cycle of traffic lights at an intersection in reducing or increasing the intensity of traffic flows that form its load.

Keywords: traffic flows, while waiting at an intersection, a cycle time of traffic lights