

Technical University of Sofia Faculty of Transport



SCIENTIFIC CONFERENCE on Aeronautics, Automotive and Railway Engineering and Technologies

BulTrans-2017 PROCEEDINGS

Sponsored by:

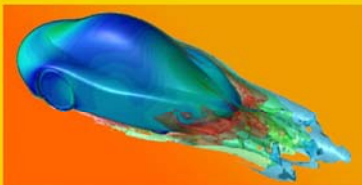
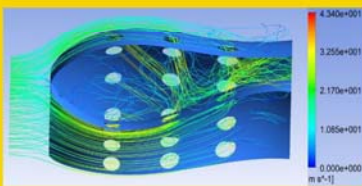
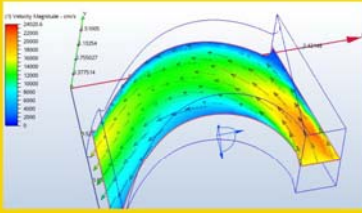


SIEMENS

**АВТОМОТОР
КОРПОРАЦИЯ**

**KNORR
BREMSE**

September 11-13, 2017
Sozopol, Bulgaria



SCIENTIFIC COMMITTEE:

Chairman:

Prof. G. Mihov, Rector, TU Sofia, Bulgaria

Members:

Prof. A. Ams, TU- Freiberg, Germany
Prof. A. Dimitrov, TU-Varna, Bulgaria
Prof. B. Belnikolovski, TU-Sofia, Bulgaria
Prof. V. Zhivkov, TU-Sofia, Bulgaria
Prof. G. Kolarov, Hamburg University, Germany
Prof. G. Simic, Belgrade University, Serbia
Prof. D. Katsov, TU-Sofia, Branch Plovdiv, Bulgaria
Prof. D. Stoyanov, TU-Sofia, Bulgaria
Prof. D. Stamenković, University of Niš
Prof. E. Bratschitsch, University of Graz, Austria
Prof. G. Descombes, CNAM, France
Prof. I. Kralov, TU-Sofia, Bulgaria
Prof. I. Danilov, SSTU, Saratov, Russia
Prof. J. Majerčák, University of Žilina, Slovakia
Prof. K. Vesselinov, TU-Sofia, Bulgaria
Prof. K. Rotaru, Air Force Academy, Romania
Prof. M. Sitarz, SUT-Katoviče, Poland
Prof. M. Svitek, TU-Prague, Czech Republic
Prof. N. Nenov, TU-Sofia, Bulgaria
Prof. P. Getsov, BAS, Bulgaria
Prof. P. Dimitrov, TU-Sofia, Bulgaria
Prof. R. Ivanov, University of Rouse, Bulgaria
Prof. R. Rusev, University of Rouse, Bulgaria
Prof. F. Massouh, Arts et Metiers ParisTech, France
Prof. H.-H. Krause, UAS, Merseburg, Germany
Prof. S. Medvedsky, University of Žilina, Slovakia

ORGANIZING COMMITTEE:

Chairman:

Assoc. Prof. B. Gigov, PhD, Dean, TU-Sofia, Bulgaria

Vice-Chairman:

Assoc. Prof. N. Nikolov, PhD

Editorial Board:

Prof. T. Evtimov, PhD
Prof. V. Stoilov, PhD
Prof. L. Kunchev, PhD
Prof. M. Todorov, PhD
Assoc. Prof. V. Iliev, PhD
Assoc. Prof. V. Tsonev, PhD
Assoc. Prof. E. Dimitrov, PhD
Assoc. Prof. K. Velkov, PhD
Assoc. Prof. O. Krastev, PhD
Assoc. Prof. P. Sinapov, PhD
Assist. Prof. P. Punov, PhD
Assoc. Prof. Ts. Stoyanov, PhD

Secretariat:

Eng. Elena Pavlova, MSc
Assist. Prof. N. Pavlov, PhD
Assist. Prof. Ph. Michaylov

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ:

Председател:

проф. Георги Михов, Ректор на ТУ-София

Членове:

проф. Алфонс Амс, ТУ-Фрайберг, Германия
проф. Ангел Димитров, ТУ-Варна
проф. Борис Белниколовски, ТУ-София
чл. кор. проф. Венелин Живков, ТУ-София
проф. Георги Коларов, UAS-Хамбург, Германия
проф. Горан Симич, Университет Белград
проф. Димитър Кацов, ТУ-филиал Пловдив
проф. Димитър Стоянов, ТУ-София
проф. Душан Стаменкович, Университет в Ниш
проф. Емилия Брачич, UAS-Грац, Австрия
проф. Жорж Декомб, CNAM, Франция
проф. Иван Кралов, ТУ-София
проф. Игор Данилов, СГТУ, Саратов, Русия
проф. Йозеф Майерчак, UŽ-Жилина, Словакия
проф. Камен Веселинов, ТУ-София
проф. Константин Ротару, Академия на ВВС, Румъния
проф. Марек Ситарж, SUT-Катовице, Полша
проф. Мирослав Свитек, ТУ-Прага, Чехия
проф. Ненчо Ненов, ТУ-София
проф. Петър Гецов, ИКИ, БАН
проф. Петър Димитров, ТУ-София
проф. Росен Иванов, РУ-Русе
проф. Руси Русев, РУ-Русе
проф. Фауаз Масу, Arts et Metiers ParisTech, Франция
проф. Х.-Х. Краузе, UAS-Мерзебург, Германия
проф. Щефан Медведски, UŽ-Жилина, Словакия

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ:

Председател:

доц. д-р инж. Бойко Гигов, Декан, ТУ-София

Зам.-председател:

доц. д-р инж. Николай Николов

Редакционна колегия:

проф. д-р инж. Теодоси Евтимов
проф. д-р инж. Валери Стоилов
проф. д-р инж. Лило Кунчев
проф. д-р инж. Михаил Тодоров
доц. д-р инж. Валентин Илиев
доц. д-р инж. Веселин Цонев
доц. д-р инж. Евгени Димитров
доц. д-р инж. Кирил Велков
доц. д-р инж. Олег Кръстев
доц. д-р инж. Петко Синапов
гл. ас. д-р инж. Пламен Пунов
доц. д-р инж. Цветан Стоянов

Научни секретари:

маг. инж. Елена Павлова
гл. ас. д-р инж. Николай Павлов
ас. инж. Филип Михайлов

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ СОФИЯ ФАКУЛТЕТ ПО ТРАНСПОРТА



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

БулТранс-2017

СБОРНИК ДОКЛАДИ

11 -13 Септември 2017 г.
Морска почивна станция "Лазур" в гр. Созопол

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

Редактор: Н. Николов
Editor: N. Nikolov

Докладите в този сборник са публикувани след рецензиране от
специалисти в съответната област.

The papers in this Proceedings are published after being reviewed by
experts in the respective field.

ISSN 1313-955X

СЪДЪРЖАНИЕ / CONTENTS

Доклади, публикувани в / Reports published in MATEC Web of Conferences, Volume 133 (2017)	8
---	---

От пленарна сесия From plenary session

D. Nedialkov and V. Nedyalkov , Perspective developments of unmanned aerial systems in the security sector of the Republic of Bulgaria.....	11
--	----

От секция: **Авиационна техника и технологии** From section: **Aeronautics**

M. Jeliazov , Synthesis of a functional scheme of a moving target detection device.....	16
M. Jeliazov, Z. Kolibarov , Survey of the Doppler filter selection for moving targets.....	20
Д. Колибаров , Актуални стандарти в ОВД за защита на гражданското въздухоплаване от актове на незаконна намеса D. Kolibarov , Current standards in aid to protect civil aviation from acts of unlawful interference	23
Г. Маклаков и П. Гецов , Система за комплексна рехабилитация и профилактика на нарушенията в психосоматичното състояние на операторите на ергатични комплекси G. Maklakov, and P. Getsov , System for complex rehabilitation and prophylaxis the infringements in the psycho-emotional state of the operators of ergatic systems.....	29
Г. Маклаков и Н. Георгиева , Музикотерапия в програмите за възстановителна корекция на психо-физиологическото състояние на работещите в транспорта G. Maklakov and N. Georgieva , Music therapy in programs for restoration of psycho-physiological state of to transport workers	33
D. Seyzinski and A. Siromashki , A service life–time extension program (SLEP) of aircraft rubber products.....	36
С. Пенчев и Х. Панайотов , Експериментално изследване на вихровата следа на крило S. Penchev and H. Panayotov , Experimental study of wing vortex wake characteristics.....	40

От секция: **Автомобилна техника и технологии** From section: **Automotive engineering**

Е. Соколов , Методика и апаратура за получаване характеристиките на кормилен хидравличен демпфер E. Sokolov , A method and test equipment for obtaining characteristics of steering hydraulic damper.....	44
С. Стоилов и Т. Крумов , Възможности за увеличаване на работната площ при привличане на дървените материали към трактора S. Stoilov and T. Krumov , Possibilities to increase the working area at the extraction of timber materials to the skidder.....	49

С. Стоилов, Б. Личева и Т. Крумов , Изследване на комбиниран транспорт на дървесина от дунавските острови S. Stoilov, B. Licheva and T. Krumov , Study of combined timber transport from Danube river islands.....	52
---	----

От секция: **Двигатели с вътрешно горене**
From section: **Internal Combustion Engines**

L. Sekulov and M. Zlatkov , Designing a micro-processor control block for electric traction with bi-operational semiconductor switch	55
---	----

От секция: **Динамика, якост и надеждност на транспортната техника**
From section: **Dynamics, Strength and Reliability of Vehicles**

М. Дюлгерова , Изследване напреженията и оптимизиране конструкцията на лопатка за турбина работеща с фреон M. Dyulgerova , Stress study and optimizing the construction of a blade of freon turbine	60
В. Цонев, Б. Борисов, И. Мухтаров и Н. Кузманов , Изпитвателна машина за експериментални изследвания в условията на високи температури V. Tsonev, B. Borisov, I. Muhtarov and N. Kuzmanov , Testing machine for experimental investigation in high temperature conditions	64
Т. Zhelyazov , Modeling the behaviour of the Interfaces in FRP-strengthened structural elements	69

От секция: **Железопътна техника и технологии**
From section: **Railway Engineering and Technologies**

Н. Ненов, Е. Димитров, К. Кръстев и В. Николов , Стенд за изпитване на механични локомотивни скоростомери N. Nenov, E. Dimitrov, K. Krastev and V. Nikolov , Stand for testing of mechanical locomotive speedometers	74
Д. Атмаджова , Привеждане в номинален вид на критерия против дерайлиране на железопътни возила D. Atmadzhova , Adduction in nominal type of criteria against derailment of railway vehicles	78
К. Велков , Специфични особености на производството на резервни части за спиращата система на електрически локомотиви серия 87 K. Velkov , Specific features of the manufacturing repair parts for electric locomotives series 87 brake equipment.....	84
К. Велков, О. Кръстев, В. Стоилов, С. Славчев и И. Петров , Определяне основните технически параметри на влаковете на „БДЖ – Пътнически Превози“ ЕООД K. Velkov, O. Krystev, V. Stoilov, S. Slavchev and I. Petrov , Defining the main parameters of the BDZ – Passenger Services trains	87
О. Кръстев, К. Велков, В. Стоилов, С. Славчев и И. Петров , Определяне броя и типа на новите влакове, необходими на „БДЖ-Пътнически превози“ ЕООД O. Krystev, K. Velkov, V. Stoilov, S. Slavchev and I. Petrov , Defining the number and the type of the "BDZ Passenger Services" Ltd. new trains	93

С. Мартинов и Я. Грозев , Подобряване на процеса по почистване на товарни козовози при товарене на вагони с въглища в предприятие от въгледобивната промишленост	
S. Martinov and Y. Grozev , Improvement of the track cleaning process at loading of freight wagons with coal in a coal mining enterprise	97

От секция: **Интелигентни транспортни системи**
From section: **Intelligent Transport Systems**

E. Dimitrova and P. Atanasov , Methods for quantitative analysis of dynamic fault trees	101
E. Dimitrova and P. Atanasov , Software products for quantitative analysis of dynamic fault trees.....	104
G. Cherneva and E. Dimitrova , Research of the dynamics of transport systems at impact of stochastic disturbances.....	107

От секция: **Мениджмънт и логистика в транспорта**
From section: **Transport Management and Logistics**

M. Asenova, S. Stoilov and G. Donchev , Mobile GIS technologies for management of forest roads and control of timber transportation	111
M. Milchev, D. Kolev and D. Grozev , Word-of-mouth information as a factor for selecting a car repair service by persons with different education.....	115
И. Дамянов, Г. Младенов, М. Савова-Мраценкова, Г. Палагачев и В. Христов , Изследване взаимодействието между пешеходни и транспортни потоци за подобряване на организацията и безопасността на движението	
I. Damianov, G. Mladenov, M. Savova-Maratzenkova, G. Palagachev and V. Hristov , Examination of interaction between carriage and transport flows for improving the organization and the safety of movement.....	118
И. Дамянов, Г. Младенов, В. Христов, М. Савова-Мраценкова и Г. Палагачев , Изследване, анализ и оптимизация на показателите на пътнотранспортното движение на светлинно регулирани кръстовища	
I. Damianov, G. Mladenov, V. Hristov, M. Savova-Maratzenkova and G. Palagachev , Research, analysis and optimization of the indicators of the road traffic of light regulated crossroads	122
Г. Джонев и М. Савова-Мраценкова , Избор на метод за определяне скоростите на движение на автомобилите при удар между тях	
G. Djonev and M. Savova-Mratsenkova , Methods for determining the velocity of vehicles in case of an impact between them	126
М. Савова-Мраценкова и Г. Джонев , Влияние на ъгъла на директрисата на ударния импулс върху точността при определяне скоростите на движение на автомобилите при удар между тях	
M. Savova-Mratsenkova and G. Djonev , Influence of the angle of the directory on the accuracy of the measurement when determining vehicles' velocities in case of an impact between them	129

ДОКЛАДИ, ПУБЛИКУВАНИ В / REPORTS PUBLISHED IN**МАТЕС Web of Conferences
Volume 133 (2017)**

<https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2017/47/contents/contents.html>

От секция: **Авиационна техника и технологии**
From section: **Aeronautics**

T. Traykova and V. Radkov, GPS as a base for analysis of perturbations of space based and ground based applications

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713301001>

H. Panayotov, S. Penchev and D. Kolibarov, Experimental study of canard UAV aerodynamics

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713301002>

T. Todorov and P. Petrov, A study of sector configurations capacity for air traffic service

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713301003>

T. Todorov and P. Petrov, Measuring the efficiency of air traffic management systems

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713301004>

A. Ponomarenko, V. Dudnik, N. Afanasieva and M. Boiko, Stand testing of energy saving motor oil in the internal combustion engine

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713301005>

V. Serbezov, S. Dimitrov and K. Rangelov, Mobile test stand for evaluation of electric power plants for unmanned aircraft

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713301006>

H. Georgieva, Modeling of shimmy oscillations in aircraft landing gear

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713301007>

C. Rotaru, Flow field analysis of turbojet combustion chamber

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713301008>

F. Panayotov, I. Dobrev, F. Massouh and M. Todorov, Studying the wake contraction of the flow-field of a rotor in hover

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713301009>

От секция: **Автомобилна техника и технологии**
From section: **Automotive engineering**

Z. Dimitrova, Vehicle propulsion systems design methods

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713302001>

Z. Dimitrova, Predictive and holistic energy distribution for hybrid electric vehicles

DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713302002>

T. Gechev, M. Mruzek and D. Barta, Comparison of real driving cycles and consumed braking power in suburban Slovakian driving
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713302003>

I. Dobrev, F. Massouh, A. Danlos, M. Todorov and P. Punov, Experimental and numerical study of the flow field around a small car
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713302004>

I. Minkovska, G.Kadikyanov, R. Ivanov and R.Rusev, Improving ATV's stability by means of a gyroscopic mechanism
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713302005>

N. Pavlov, Influence of shock absorber temperature on vehicle ride comfort and road holding
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713302006>

N. Pavlov, E. Sokolov, M. Dodov and S. Stoyanov
Study of the wheel loader vibration with a developed multibody dynamic model
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713302007>

От секция: **Двигатели с вътрешно горене**
From section: **Internal Combustion Engines**

E. Dimitrov, D. Deltchev, V. Serbezov and S.Pantchev, Research of oxyhydrogen gas mixture influence upon diesel engine performance
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713304001>

A. Danlos, P. Podevin and M. Toussaint, Pre-swirl mechanism in front of a centrifugal compressor: effects on surge line and on unsteady phenomena in surge area
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713304002>

N. Milkov, Q. Danel, P. Punov, C. Perilhon, P. Podevin and T. Evtimov, Experimental study on Rankine cycle evaporator efficiency intended for exhaust waste heat recovery of a diesel engine
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713304003>

I. Evtimov, R. Ivanov and M. Sapundjiev, Energy consumption of auxiliary systems of electric cars
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713306002>

От секция: **Динамика, якост и надеждност**
на транспортната техника

From section: **Dynamics, Strength and Reliability of Vehicles**

V. Tsonev, G.Stoychev and E. Chankov, Stress analysis of a link for slat chain conveyor
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713305001>

O. Flasar, V. Triska and M. Junas, Experimental study of impact properties of aluminium honeycomb sandwich structure
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713305002>

I. Kralov, New solution for transport and industrial noise protection through reflective noise barriers
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713306001>

M. Linek, Low-shrink airfield cement concrete with respect to thermal resistance
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713307002>

От секция: **Железопътна техника и технологии**
From section: **Railway Engineering and Technologies**

Y. Kitov, M. Verevicheva, G. Vatulia, Y. Orel and S. Deryzemlia, Design solutions for structures with optimal internal stress distribution
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713303001>

V. Tertychnyi, G. Vatulia, O. Belorusov and M. Kovalov, Determination of the primary technical parameters of the test bench for controlling the temperature of rails and rail bars of continuous welded rail
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713303002>

A. Falendysh, M. Volodarets, O. Kletska and V. Hachenko, The impact of the type of operation on the parameters of a shunting diesel locomotive with hybrid power plant
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713303003>

S. Slavchev, V. Maznichki, V. Stoilov and S. Purgic, Comparative analysis of the results from static strength calculations and strength tests of an Y25Ls-K bogie frame
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713303004>

V. Stoilov, K. Velkov, O. Krastev and S. Slavchev, Methodology for profitability assessment in the case of old rolling stock replacement with new trains in Bulgarian State Railways
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713303005>

От секция: **Интелигентни транспортни системи**
From section: **Intelligent Transport Systems**

V. Dimitrov and P. Kostadinov, Methodology for testing a system for remote monitoring and control on auxiliary machines in electric vehicles
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713308001>

V. Dimitrov and P. Kostadinov, Design and setting up of a system for remote monitoring and control on auxiliary machines in electric vehicles
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713308002>

От секция: **Мениджмънт и логистика в транспорта**
From section: **Transport Management and Logistics**

Y. Ivanova, Modelling the impact of cyber attacks on the traffic control centre of an urban automobile transport system by means of enhanced cybersecurity
DOI: <https://doi.org/10.1051/matecconf/201713307001>

Perspective developments of unmanned aerial systems in the security sector of the Republic of Bulgaria

Dimitar Nedialkov^{1,*} and Vladimir Nedyalkov²

¹Military Academy “G.S. Rakovski”, Department “National Security and Defence”, 1000 Sofia, Bulgaria

²Technical University – Sofia, Branch Plovdiv, Department “Transport and Aircraft Equipment and Technologies”, 4000 Plovdiv, Bulgaria

Abstract: In this article the authors presents the advantages of using unmanned aerial vehicles (UAVs) over piloted (manned) aircraft to perform missions of the Republic of Bulgaria air forces, challenges using unmanned aerial systems, their vulnerabilities and proposes a mathematical model to calculate the potential and power of a studied unmanned aerial system (UAS).

1 Introduction

One of the most pressing problems that humanity is facing is the security of the environment it occupies. These are problems during peace, war and domestic security. All these problems pose challenges to science and practice both in individual countries and globally.

The national security system is built to achieve a modern management of the efforts of state institutions, local authorities, business entities, citizens and their organizations to guarantee the principles of democracy and sustainable economic development and prosperity of the country.[1] It represents subsystems, components and elements thereof, with the respective interconnections, sources of provisioning, with the potential to achieve a concrete result in a specific environment related to the protection of sovereignty, territorial integrity, strategic and operational interests of the Republic of Bulgaria, ensuring its political, economic, information, social, public, legal and demographic security as a level of conditions. The national security system management and functioning toolkit includes:

- analysis and assessment of the state and trends in the security environment and taking preventive action;
- timely and adequate exchange of information;
- planning, preparation and performance management;
- applying a broad and systematic interinstitutional approach;
- coordination of the work of the competent institutions and organizations;
- methodology for assessing the security system and its components in relation to their resource provision and the result achieved;
- mechanisms for assessing the actions taken and the results achieved for the purpose;
- increasing their efficiency and effectiveness;
- establishment of a system for internal control and correction of the national security system [2].

To minimize the negative consequences of wrong planning and actions resulting in human casualties and damage is a main task to solve. This can be achieved by using highly effective methods, means and technologies that can guarantee timely and reliable forecasting and preliminary risk assessment which would allow correct decision making and taking measures to prevent and mitigate the negative consequences. Forecasting along with prevention cannot avert all the consequences and this imposes the need to use systems capable of precise surveillance that will provide information during different stages of planning.

The development of modern technologies, communication and control systems, and systems for gathering and processing information open the perspective to solve wide range of task that even manned aircraft cannot, using unmanned aerial systems (UAS) and unmanned aerial vehicles (UAV). Main advantages of UAS are:

- low risk for the highly qualified personnel that operate the system;
- the capability to solve wide range of task at any time with less disturbance from the weather conditions;
- it is less expensive and easier to maintain;
- in many cases UAS is more effective than using conventional manned aviation means;
- all the negative limits of manned aviation like flight length, maneuvering and height of the flight drop out;
- high level of resilience compared to the manned vehicles;
- lower cost and duration of training of the personnel;
- available for manufacturing, training of teams and operation of unmanned aerial systems by countries that don't have a high economic potential.

Unmanned information systems have significantly lower operating costs (as they are planned and produced) than manned aircraft systems (MAS). This is an important asset increasing the effectiveness in tasks requiring continuous coverage of the surveillance and

* Corresponding author: din_ned_2000@yahoo.com

reconnaissance area in the combat area as well as in operations far away from the base or depth of the enemy. Under some estimates, UAVs may be 50-70% to several times lower operating costs than those of the MAS. Taking into account that operating costs and the cost of maintenance costs account for almost half of the life cycle cost of an airplane, with reduced operating costs, total costs are significantly reduced. There are a number of reasons why it is difficult to compare the costs of operating a UAS and a MAS for one flight hour. The first and most important of these is the lack of established benchmarks.

The operating price per one hour flight and the cost of service and maintenance are two of the many measures that can be used to gain a better idea of when UAS should be used and where it would be more efficient and more efficient their application. An example here is the 2011 report of the Government Accountability Office in the US on the border guard of the country. There the price per one hour flight of the Predator type UAS is set at \$ 859 and for BPS "Reaper" – \$ 1,456. In the calculation of the price, mainly the costs incurred for maintenance, use of auxiliary equipment and for supporting military personnel were used.[4] It is noted that other data (Table 1) can be found for prices per flight hour, as many other costs can be included in the calculation, such as technical maintenance costs, hangars, engineering and service (direct or indirect) personnel, composition, amortization costs, amounts under logistics support, etc.

Table 1. Cost per hour of UAS flight.

Sytem	Type, purpose	Cost	Price per hour flight
A-10	MAS, military	\$18,8 M	\$11500
Octatron Skyseer	UAS, civil	\$25-\$35 K	\$10-\$100
Bell Eagle Eye	UAS, military	\$8,3 M	\$1000
F-35	MAS, military	\$98 M	\$42000
F-22	MAS, military	\$150 M	\$58000
GA Predator B	UAS, military	\$4 M	\$1500
MQ-9A Reaper	UAS, military	\$16,9 M	\$4762
IAI Heron	UAS, military	\$10 M	\$12535
RQ-4B Global Hawk	UAS, military	\$131,4 M	\$49089

2 Threats and vulnerabilities

The increasing use of unmanned aircraft systems also hides its risks. The experience gained over the years has shown that UAVs have vulnerabilities that can be exploited by the enemy. One of the most notorious incidents is the kidnapping of the US RQ-170 "Sentinel" by the Iranian parties for radio-electronic combat on December 4, 2011. The circumstances in which the aircraft is owned by

Iranian forces are contradictory. There are two popular theories.

According to the first theory, downloading the US aircraft used vulnerabilities in the sensory and navigation systems, which allow for the so-called "GPS spoofing" attack. In this type of attack, misleading GPS signals are

sent to the receiver of the attacked device, these signals resembling the standard ones. Initially, the spy signal is transmitted in sync with the original, and the fake signal power gradually increases in order to modify the flight data for its current coordinates.

The second theory explains the loss of the UAV with a technical malfunction. The theory speculates that a technical malfunction has led to the landing of the RQ-170 "Sentinel" on Iranian territory. However, this version is accepted by most experts as a justification for gaps in the protective components of the system of impacts.

The common between the two theories is that they indicate security problems. With GPS spoofing, the attack highlights the need to include additional components, such as the risk assessment of UAS. The sensor system should be seen as an open input channel vulnerable to attacks. Some incidents require the destruction of the aircraft in order to preserve the confidentiality of the sensitive information. The theory of the technical failure of the RQ-170 excludes self-destruction in the specific case. Regardless of whether the theory is true or not, it indicates the need to study the possibilities for autonomy to choose the right strategy in the event of a severe malfunction.

Another type of threat to the integrity and capabilities of existing UAS are computer viruses. An example of such an attack in 2011 when a keylogger virus infects the base stations for aircraft management at the Kreahe Air Force Base in the state of Nevada. Although there are no serious consequences, the case shows that the system is vulnerable to such attacks.

Practice lessons also confirm a third type of vulnerability, the purpose of which is to communicate between UAVs within a given UAS and the base station. In this type of attack, transmitted video images are captured by enemy forces. This attack is made possible by prohibiting encryption of the radio between the station and the device, which was achieved with a \$ 26 software. A significantly greater imbalance in price relationships between UAS and countermeasures is expected in the future in the course of planning and conducting modern information operations.[3]

Other weaknesses are the relatively low altitude and speed of the flight (mostly up to 200 km / h), the lack of maneuverability and the poor protection of a large number of tactical UAVs, make them vulnerable even by small arms. Moreover, due to their remote control, they are critically dependent on the reliability and safety of the connection line.

3 UAS missions and tasks

Nevertheless, at the current stage of their development, UAS can perform 67% of intelligence tasks and 50% of security of the total number of tasks performed in a given operation.

While the need for UAS over the past few decades has been driven by the mismatch between the need for information and the possibility of its obtaining at the tactical and operational level, under the current conditions of the NATO Member States' development plans by 2020,

and then by 2038, particular attention is paid to UAV's capabilities to solve a wide range of tasks, resulting in increasing of military forces existing and gaining new capabilities.

In summary, the views of military experts in NATO on the tasks that UAS can perform are divided into the following main categories:

- information and intelligence – investigation and intelligence of the defined objectives, area, radiation, chemical and biological, meteorological intelligence, etc.;
- striking – strikes for land, sea, air combat, etc.;
- providing interference, impact and impact assessment, retransmission of messages, targeting, transport, search and rescue, etc.;

In leading countries in unmanned technologies such as USA, Israel, UK and others. there are four main categories of tasks for UAS:

- "Dull Tasks" – low-intensity tasks that can be automated because they do not require direct control – monitoring a particular area on a given circuit or coastal maneuvering, e-war tasks, communications, however, can generate more complex or time sensitive tasks, such as identifying high value targets that require more sophisticated or modern sensors and equipment;
- "Dirty Tasks" – UAVs are a perfectly appropriate choice when the task is in an environment hostile to a flight crew or its crew, for example, a chemical, biological, radioactive or nuclear monitoring task;
- "Dangerous Tasks" – these are tasks where the risks and dangers to the crew of a pilot flying aircraft are very high, such as the task of combating enemy air defense, destroying improvised explosive devices, and more. and require special training and instructions;
- "Deep Tasks" – usually for tasks related to strategic purposes, over opposing forces, action on objectives, time-critical, and generally non-standard tasks.

The "Missions and Tasks of UAVs" report, presented at the Scientific Conference in June 2015, described six major markets for UAS: a security system; recreation and leisure; information and media; monitoring and inspection (electrical installations, pipelines, industrial installations); geological sciences (agriculture, environment) and civil safety (search and rescue operations, pollution, police operations, cluster control, etc.) and UAS tasks in line with these six areas.

In the Republic of Bulgaria there is an already established document which regulates to a large extent the deployment of a system based on its abilities to use UAS. This is the Defense Capability Concept "Air Surveillance and Intelligence with UAS of the Republic of Bulgaria". There are described the tasks that UAS should be able to perform on the three missions of the Republic of Bulgaria airforces. They are as follows:

- on the mission "Defense":
- conducting aerial intelligence of zones, areas and roads;
- participation in intelligence preparation of the battle space (including biological and chemical intelligence);
- participation in the information warfare;
- aerial surveillance of certain areas of particular interest;
- participation in combat search and rescue operations;
- participation in electronic warfare;

- participation in the targeting and targeting process;
- directing high-precision ammunition;
- immediate aviation and fire maintenance;
- participation in the combat management process;
- assessment of actual damage after fire impact;
- participating in the providing the security within the tactical and operational logistic support;
- digital mapping for the purpose of the operation.

On a mission "Support for International Peace and Security":

- to carry out regular 24-hour surveillance of certain areas of responsibility of national and multinational contingents;
- conducting aerial intelligence in the interest of tactical and operational peace-keeping or humanitarian action;
- participation in the fight against terrorism, illicit trafficking in weapons and mass destruction;
- implementation of permanent monitoring of zones, areas, terrestrial and marine areas;
- sea waterways;
- participation in border guards and bases;
- participation in search and rescue operations;
- participation in operational actions to address the consequences of disasters, accidents and accidents.

On a mission "Contribution to national security in peacetime":

- observation of zones, districts and road network on the territory of the country;
- monitoring of land and sea borders;
- carrying out monitoring of the territorial waters and shipping;
- participation in the protection of critical energy infrastructure;
- chemical, bacteriological and radiation intelligence;
- medical intelligence and field telemedicine (eg identification of injured, victims of disasters, accidents);
- early detection and surveillance of fires;
- traffic control over air traffic;
- the provision of search and rescue operations to
- aircraft and disaster-stricken ships;
- eco-monitoring over land and sea (detection of pollution);
- control of sown areas and woodland;
- search, detection, and tracking of different objects (related to ransom payments, human and drug trafficking, etc.);
- cadastral surveying of areas and territories [5].

Even the blunt analysis of the UAS stated tasks on BA's three missions concludes that they all relate to some extent to the planning and conduct of independent information operations or such as part of planning and conducting joint or operations of aircraft types or other components of the national or coalition new security system. The specific for UAS is that the data transmission lines, meteorological conditions (wind, turbulence, icing, visibility, etc.) and the preparation of the critical element of the system - the operator in the ground station, have a major influence on the completion of the tasks.

Particularly perspective is the joint use of UAS and pilot airplanes, and information on the targets and potential threats is available on-board the manned aircraft in real time. Such interaction allows to increase the depth

of observation and intelligence and ensures timely decision-making on an attack on the target or maneuvers to overcome enemy firefighting zones of anti-aircraft defenses.

4 Method for calculating the UAS potential

The basis of the UAS assessment is the potential of the individual components and the system as a whole. Some specialists interpret it as power or power of the system, others as a set of material and spiritual factors that determine the state of the system and its ability to perform certain missions and tasks, and others as a criterion of ability that can be used to calculate the ratio of the forces of the parties.

Any system capable of realizing its potential decides its own tasks and thus achieves the goals set. In this process, the full realization of the potential depends on many factors: the system's ability, the quality of the management and the provision, the environment in which the system realizes its potential, etc. Practice very often shows that the achievement of the goal depends on the available potential and, above all, the ability to realize it in a given situation.

Ability is a supposed a priori opportunity that can be achieved when the system is brought into action under certain conditions. Real ability is manifested as the degree of utilization of potential, taking into account factually existing conditions.

In this sense, the potential of UAS can be defined as an integral indicator characterizing a set of potentials of individual elements of the composition of the system expressed in terms of assimilated units or normalized values.

The degree of realization of the potential can also be considered as the ratio of the actually achieved states - as a consequence of the operation of the system, to the potentially possible ones. This level can be used to determine the combat, information or other capabilities and assessment of UAS in the realization of their potential in the particular conditions of the situation, taking into account the realities of the management system, the provision of the personnel and the level of personnel training.

The primary source supporting UAS is its potential, considered as the unity of potentials of the component components and elements that are proposed by it. In addition to powering the system, it has the ability to generate its core product - the power, and it also determines the quality of the system. The ability to exploit the third dimension, with the help of UAS, is the product of the accumulation of human knowledge in a very short time, leading to a qualitative leap.

In the sense of what has already been said, the potential of UAS is considered as a magnitude, expressing the state and capabilities of subsystems, components and elements of the system itself. It can also be considered as an indicator characterizing the volume of missions and tasks that can be met by UAS-equipped formations within

the scope of destination, of estimated, averaged conditions (of crises of different character).

By its very nature, the potential that serves as a source for deploying the system in action and can be defined in three levels - at disposal, deployed, and implemented.

The available potential of UAS is the full potential of the system built by a state or a coalition of states. It can be relied upon and it must be realized in extreme conditions when large-scale crises occur. In fact, each nation builds BMA on the basis of estimates describing the ability to effectively realize its potential in line with the greatest threat from the surrounding environment.

It is not always necessary for the state to apply the full potential of UAS available. This depends on a number of factors, the most important of which is the nature of missions and tasks. Their correct determination also sets the levels of deployment of a planned portion of the potential related to the required components and their composition from the overall system. That said, defines the concept of UAS's deployed potential. It is based on a possible option for action chosen in the course of planning. The end product of the put-to-take potential is the realized potential. It also defines the level of power generated in response to the problem or crisis of a military or non-military nature within an operational period of time over the operational area. The realized potential also demonstrates the capabilities of system managers to operate optimally and efficiently - with a measure of sufficiency, without over-spending of forces and resources.

Now national interest dictates the need to create and maintain efficient UAS that can be subdivided into three basic subsystems:

- the main means directly related to the implementation of the assigned tasks through their use;
- the means of ensuring normal flight operations;
- means of flight management related to command and control processes.

Such separation facilitates the process of creating and servicing of a method for calculating the potential and power of UAS, which in fact reflects and fulfils the proposed of the system. To facilitate this process, the potential of UAS, as a source supporting the system, can be considered in detail as a system of basic subsystems, components and elements (if necessary) that define it (as in Fig. 1, for example). There they are grouped on the basis of the realization capabilities of the subsystems, components and elements of the system under consideration. They can be accepted as the main assessment characteristic for the state of the subsystems and components themselves in the structure of UAS.

The power of UAS is realized degree of the systems potential (P_{uas}) within the airspace over a region with a given surface over a period of time. Therefore, its level and its meaning can be expressed in the linear formula:

$$M_{uas} = \frac{\sum_{i=1}^n AP_i K_{sp.i} K_{con.i}}{T}, \quad (1)$$

where M_{uas} is power provided by the UAS; n - the number of components of the main tools of UAS, generating power; i - the number of the component of the main

toolset of UAS, generating power; AP_i – the potential of the i component of the UAS; K_{spi} – the coefficient, expressing the potential of the subsystem of the means for supporting the i component of the system; $K_{con.i}$ – coefficient, expressing the effectiveness of the subsystem for control of the i component of the subsystem; T – the given period of time for realization of P_{uas} .

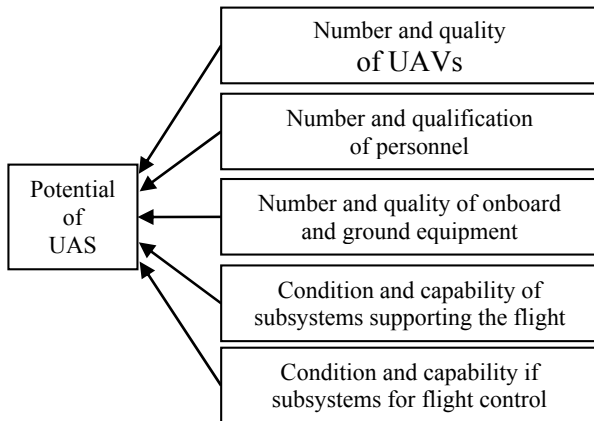


Fig. 1. Subsystems and components of the UAS potential.

The potential of each UAS aimed to solve certain tasks can be specified by connecting it to the subsystems and components shown in Fig. 1. This would make it possible to compare the potentials of groups in examining the role of components and subsystems of state structures in their systemic coherence for the course and outcome of operational actions in crises of varying degrees and intensity. In peacetime, such UAS groups play the role of a major active deterrent. They are tactical formations of the composition of a common national system and their potential could be expressed as follows:

$$P_{uas_f} = \sum_{i=1}^q N_i BP_i K_{p.l.c.i} K_{ef.p.l.c.i} K_{oc.i} K_{con.i}, \quad (2)$$

where q is the total number of types of UAS in the studied system, carrying out certain task; N_i – the number of UAVs of type i ; BP_i – the potential of i -th UAV; $K_{oc.i}$ – the coefficient, expressing the capability for normal flight support of the i -th UAV; $K_{con.i}$ – the coefficient, expressing the capability for control of the formation equipped with the i -th UAV; $K_{p.l.c.i}$ – average coefficient of the level of qualification of the personnel, operating the i -th UAV; $K_{ef.p.l.c.i} = \frac{N_{num.t}}{N_{num.f}}$ – the ratio, determining the effective usage of the personnel; $N_{num.t}$ – the number of teams in the studied formation; $N_{num.f}$ – the number of UAVs in the studied formation [6].

5 Conclusion

Taking advantage of the potential, unmanned aerial systems can perform efficiently tasks that are not within the capabilities of piloted aviation, namely continuous surveillance and intelligence from the air in a highly hostile environment, excluding the possibility of losing a human life and saving time and resources.

With the help of unmanned aerial systems two basic and important operational functions can be achieved –

preventive and active. The preventive function implies collecting and analyzing forward and reliable information about various disaster processes and the active information provision of decision-making by state authorities in the process of resolving a particular crisis situation. The realization of both functions is a prerequisite for ensuring the processes for planning and conducting information operational actions on a joint national and coalition scale.

The establishment of a single Aerospace Center after the optimization of its monitoring capabilities through the deployment of unmanned aerial vehicle systems would increase the capabilities of the Republic of Bulgaria's security system in the planning and conduct of information operations in the prevention and resolution of crisis situations of military and non-military nature.

References

1. *National Security Strategy of the Republic of Bulgaria*, 2, (2011)
2. *National Security Strategy of the Republic of Bulgaria*, 20, (2011)
3. K. Podins, J. Stinissen, M. Maybaum (Eds.), The vulnerability of UAVs to cyber attacks - an approach to the risk assessment, *5th International Conference on Cyber Conflict*, NATO CCD COE Publications, Tallinn, 9-10, (2013)
4. US Government accountability office <http://www.gao.gov/products/GAO-12-657T>
5. Concept for building a defense capability "Air surveillance and intelligence with unmanned aviation systems by the armed forces of the Republic of Bulgaria", (2014)
6. V. Nedyalkov, Method for calculating the power and potential of a remote controlled flight system, *Military journal*, 2, 111- 123, (2016)

Synthesis of a functional scheme of a moving target detection device

Mikail Jeliazov^{1,*}

¹Department of Aeronautics, Technical University - Sofia, Bulgaria

Abstract: Moving target detection (MTD) is one of the most complex jobs in radiolocation theory. The well known devices used for MTD are delay line cancelers and matched filter with accumulation [1, 2, 3, 4]. In the publication, a device scheme for selecting moving targets is been proposed using a signal synthesized by the intact reflected signal from an air object and its spectrum.

1 Introduction

In conditions of a priori uncertainty and the background of strong passive clutter, the matched filters with accumulation are using complicated multichannel blocks. The systems for over a pulse period compensation are simpler, but not optimal; have uneven frequency (speed) response and transient processes. There are known methods for suppression of those disadvantages [5, 6, 7, 8]. Usually the both systems are being used together [9]. Every device is complicated [6,10], or is improving the speed characteristics as increase the length of the transient processes [6]. On the basis of famous publications [5-11] and the analysis of advantages and disadvantages of well known devices for MTD, a correlation - filter device has been proposed with high clutter resistance in presence of strong clutter.

2 Exhibition

The correlation – filter device for MTD (Fig. 1) contains connected in series the following parts: strobe amplifier 1, compensation rejection filter follower 2, first passband filter (PF) 3, rejection filter 4, switch 5, combiner 6, second band-pass filter 7, amplifier 8, modulator 9, spectrum analyzer 10 - a batch of band filters, witch is the exit of the schematic, synchronizer 11, tracking frequency synthesizer 12, controller heterodyne 13, weight function generator 14.

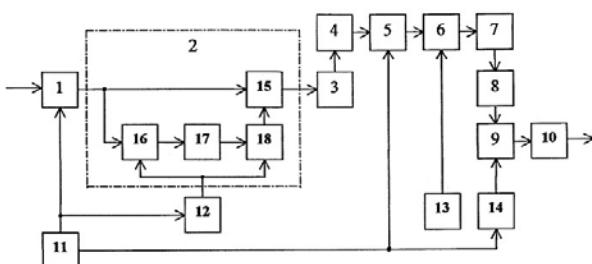


Fig.1. Functional schematic of Correlation Filter Device for MTD.

The originality is that in the scheme of a known correlation - filter device for MTD [2, 3], it is proposed to introduce further: *tracer compensating rejection filter, second band-pass filter, modulator, tracer frequency synthesizer and weight function generator*, so the tracer compensating rejection filter, the first band-pass filter, the rejection filter, the switch, the combiner, the second band-pass filter, the modulator and the spectrum analyzer *are connected in series*.

3 Devise operation

The tracer compensating rejection filter (TCRF) 2 consist in the main channel an algebraic combiner 15 and in the compensation channel - heterodyne controlled filter, that have connected in series first analog multiplier 16, narrow band filter 17 and second analog multiplier 18, so as first inputs of the algebraic combiner 15 and the first analog multiplier 16 are joined together and are the first input of the tracer 2, which is connected to the output of the strobe amplifier 1. The second inputs of the first and second analog detectors are merged and are a second input of the TCRF 2, which is connected to the output of the frequency synthesizer 12. The second analog multiplier output is connected to the second input of AC 15, the output of which is the output of the tracking compensating filter 2 which is connected to the input of the first band-pass filter 3. Such a structure of the correlation-filter receiving channel - CFCU effectively suppresses the spectral lines of the main and side passes of the passive interference spectrum, while maintaining the useful signal spectrum in the bandwidth of the second bandpass filter. It is coherent over the bandwidth with the spectrum analyzer cumulative bandwidth that has the appearance of a batch narrowband (Doppler) filters [8, 12, 13]. At the expense of the smooth weight treatment in the modulator, the transient process in the rejection filters is being smoothed and the side lobes of the passive band spectra are rejected from the second band-pass filter, as it's even possibly detection of weak Doppler signals. If at the first and

* Corresponding author: mjeliazov@tu-sofia.bg

second inputs of AC 15, the oscillation of the received and the compensating signals are in counter phase, it's been performed the function of "summing the signals" and when they are in-phase - the "subtraction" function.

As a Tracking frequency synthesizer 12, a known frequency synthesizer with a reference stable generator and connected in series pulse phase detector, a controlled sine-wave generator and a mixer 5 can be used.

The first input of the phase detector is coupled to the first output of synchronizer 11 and is controlled by the frequency of repetition of the gating pulses, and the output of the sine-wave generator is connected to the second input of the TCRF 2. The first BPF 3 is a single band filter, with a bandwidth wider than the maximum pulse repetition frequency - PRF. BPF 7 is a narrow-band filter, with a bandwidth equal to the sum bandwidth of the spectrum analyzer 10. It adjusts itself to a frequency from the range of Doppler frequencies through the mixer 6 and the controllable heterodyne 13. Modulator 9 is implemented as an analog multiplier. A known function generator 6 has been used as the weight-function generator 14.

TCRF-2 for MTD works at the input of the strobing amplifier 1 which, by means of the strobing pulses from the synchronizer 11, traces the signal at time (distance), the additive mixture (sum) of radio pulses from the passive interference and Doppler signals, reflected by moving air objects, generally coincident with time, and with a repetition period:

$$T = 1/F \quad (1)$$

with filling frequency from the impulses of the clutter f_{IF} , and the Doppler radio signals - F_D :

$$F = f_{IF} + F_D, \quad (2)$$

where: f_{IF} - intermediate frequency, F - PRF, F_D - Doppler shift of the frequency of the signal from the moving AO, and the amplitude of the pulses from the interference substantially exceeds the amplitude of the pulses from the useful signal - Fig.2.

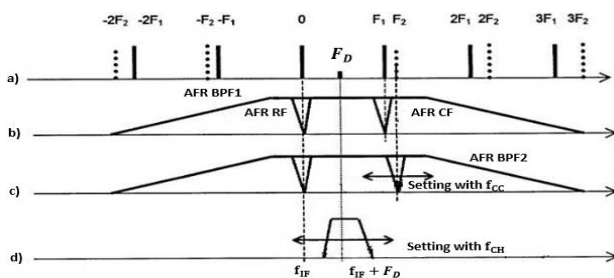


Fig.2. AFC of TCRF.

On Fig. 2 (a) a spectral component constituting the passive disturbance at pulse repetition frequencies, F_1 and F_2 , respectively, and a spectral line of the useful Doppler signal from BD-SD; b) AFC of the first BPF 3, the cut-off filter 4 (RFO) and the tracking CRF 2 at a repetition rate F_1 ; c) AFC at F_2 repetition rate with heterodyne rearrangement of the tracker CRF 2 using the tracking frequencysynthesizer 12; d) BPF 7 AFC with heterodyne rearrangement of the controllable heterodyne 13 in Fig. 2a

shows only one spectral component of the useful signal of BD-SD used in the RLS. When changing the frequency of repetition F , the side spectral components of the clutter change the places about the intermediate frequency - f_{IF} and the central component remains stationary - Fig. 2a.

The setting of the TCRF 2 changes synchronously with the frequency F . The compensating channel of the tracking CRF 2 is heterodyne set by AM 16, 18 for which at its heterodyne inputs a voltage from the output of the RMS 12 is transmitted at a frequency:

$$f_{CC} = f_G + F, \quad (3)$$

where:

$$f_G = f_{IF} \pm f_F, \quad (4)$$

where: f_F - average frequency of the narrow-band filter 17, convenient for its construction, and f_G - frequency of the reference stable generator in the frequency synthesizer 12. This provides automatic tuning of the TCRF 2, precisely on the side spectral frequency interference assembly $f_{IF} + F$.

Possible combinations of FAM 16 in the offset channel of the TCRF 2 are fed by the narrowband filter 17, and the combinational frequencies of the SAM 18 are fed by the first BPF 3, which is a significant advantage of the heterodyne-reshaped TCRF in compared to conventional heterodyne-adjustable rejection filters.

From Fig. 2, the first BPF 3, with a band-pass slightly wider than F_{max} , passes only the central f_{IF} and one side $f_{IF} + F$ spectral constituents of the interference fed by the cut-off filter 4 and the tracking CRF 2, the working spectrum consisting of the useful signal with the frequency $f_{IF} + F_D$ is separated from the BPF 7 in the band of narrowband Doppler filters of the spectro-analyzer 10. The remaining spectral components of the clutter and signal are fed by the retention strips of first BPF 3 and second BPF 7. The latter can be heterodyne readjusted in the range of Doppler frequencies through the mixer 6 and the controllable heterodyne 13 at a frequency:

$$f_{CH} = f_{IF} + f_{SBPF}, \quad (5)$$

where: f_{SBPF} - setting frequency of the second BPF 7. As an example in Fig. 3 [3, 4] are the oscillograms showing the operation of the Correlation Filter Channel for: a) a packet of 300 coherent impulses from the <<burst signal + signal>> at the output of the strobe amplifier 1, wherein the amplitude of the pulse of the maximum useful signal is 40 dB less than amplitude of impulses from interference; b) Continuous fluctuations at the output of the cut-off filter 4 (sign. 1) and the output of the key 5 (sign.2); c) Continuous fluctuations of the output of the second BPF 7 (sign. 1) and the output of the modulator 9 (sign.2). To estimate oscillograms, amplifier gain 8 is assumed for $K_A = 1$.

The only side rejection filter 2 provides an automatic rearrangement of the side-spectral component of the interference at random repeat rates in the RLS.

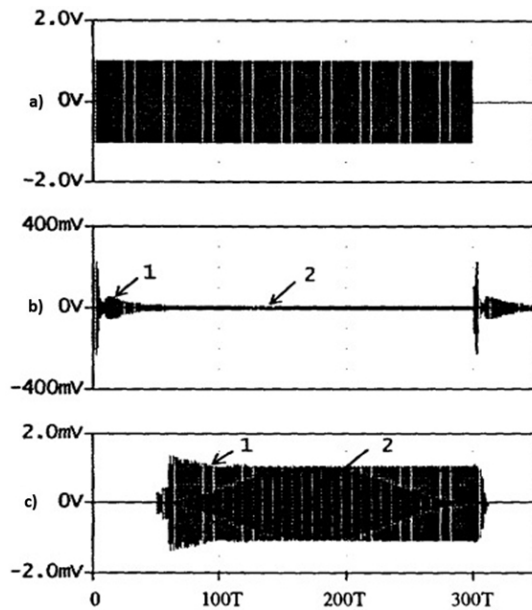


Fig.3. Time characteristics of CF channel.

Fig. 3.1b shows the transient processes on the front and rear faces of the packet impulses from the mixture (sign. 1) which "nail" the mixer 6 and the amplifier 8. To exclude their influence, they are cut by the key 5 (sign.2), which is controlled by a pulse coming from the second output of the synchronizer 11, with a duration of 250 T, and held at the beginning of the batch for the time of the transient process - $T_{TP} = 50T$.

Significantly weakened (after cut-off of the transient processes) fluctuations of the mixture create a transient process at the outlet of the second BPF 7 (sign. 1, Fig. 3, c), which are smoothed at the output of the modulator 9 (sign.2, Fig. 3c) by the weighting function, for example, of the $\cos^2(x)$ type generated by the function-weighted generator 14, for the switch-on time of the switch 5.

The oscillograms of Fig. 3 show that the pulses of the useful signal, in the background of the pulses and the oscillations of the clutter, are unequal. They are only distinguishable in the spectral region by the spectro-analyzer 10. The spectrograms of CF channel operation are shown in Fig. 4, wherein: a) the spectrum of the batch impulses from the mixture at the output of the strobe amplifier 1; b) Spectra at the output of the cut-off filter 4 (sp. 1) and at the output of the key 5 (sp.2); c) Spectra at the output of the second BPF 7 (sp.1) and at the output of the modulator 9 (sp.2) at gain from the amplifier 8, with $K_A = 1$. From Fig. 4 a it can be seen that the spectrum of even the maximum useful signal, with the frequency $f_{IF} + F_D$, is indistinguishable from the background of the clutter spectrum. After the cutting of this spectrum into the tracking CRF 2, the cut-off filter 4 and the filtration in the band of the first BPF 3, only the main lobes of the spectrum of the clutter with frequencies: f_{IF} and $f_{IF} + F$ are canceled and the side lobes of the clutter spectrum, in the bandwidth of the first BPF 3 remain unchanged and are canceled only outside its lane (sp.1, Fig. 4 b), and the spectrum of the useful signal is as before - indistinguishable.

It becomes distinct after the cut-off of the switching processes at the output of the key 5 (Sp. 2 Fig. 4b),

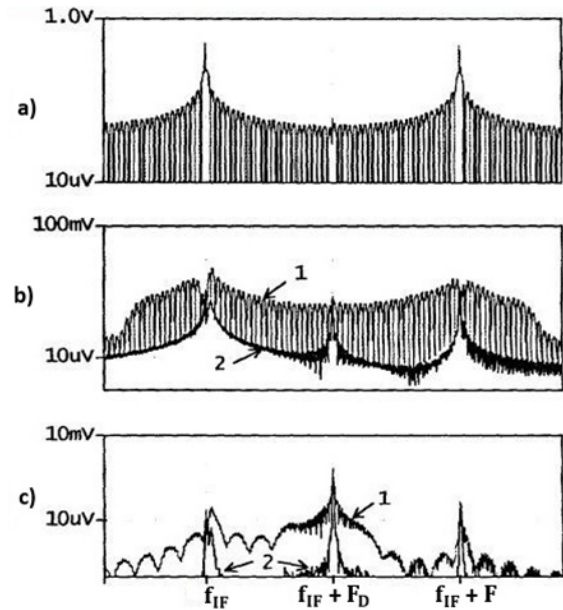


Fig.4. Spectral Characteristics of the Device.

however, the level of the side lobes of the clutter is still significant and does not allow the differentiation of the weak useful signals from the AO. The second BPF 7 allows a substantial cancellation of the main sheets from the clutter spectrum, but does not cancel the side lobes of the clutter into its bandwidth (sp. 1, Figure 4, c), canceling them slightly beyond the bandwidth. Only the weight treatment in the modulator 9 allows to completely compensate the side lobes of the clutter spectrum, and most efficiently separates the spectrum of the useful Doppler signal from the AO (Spectrograph 2 Fig.4 c).

4 Conclusion

The advantage of the cut-off of the switching processes at the key 5 output (Spectrum 2 in Fig. 4) is that the significantly reduced spectral components of the clutter frequency f_{IF} and $f_{IF} + F$ significantly decrease the level of the mixing interference from the mixer 6 in the pass-band of the second BPF 7. Therefore, the rejection-band filtering of the interference in the tracking CRF 2, the first BPF 3 and the cut-off filter 4 plays the role of an efficient preselector of the mixer 6, allowing the limitation to one nominal of single band filter across the Doppler frequency range. Thus, by applying the proposed structure of the correlation-filtration channel - CFC, an efficient separation of the spectral component of the useful Doppler signal from the AO at the output of the device, is ensured against the background of the canceled spectral components of the side lobes of the spectrum of powerful impulse interference from local objects affecting at the input of the device, and provides the effective use of batch pulses of probing impulses in the impulse - doppler RLS.

Benefits of the proposed device: Cuts transition processes; Improves the equivalence of the frequency (velocity) characteristic; Increases the probability of proper echo detection, does not result in loss of signal-to-noise ratio, allowing it to increase by 2 dB under established conditions.

References:

1. V. Hansen, Constant false alarm rate processing in search radars, *Proc. IEEE Int. Radar Conf.*, 325-332, London, (1973)
2. <http://www.findpatent.ru/patent/225/2255354.html>
3. <http://www.findpatent.ru/patent/225/2254594.html>
4. <http://www.findpatent.ru/patent/219/2192021.html>
<http://www.findpatent.ru/patent/220/2205422.html>
5. A. Antonio, *Digital Filters: analysis and design*, Radiotechnic and communication, (1983)
6. D. Schlerer, *MTI Radar*, Artech House, Inc., Norwood, Mass., (1978)
7. D. Anderson, A Microwave Technique to Reduce Platform Motion and Scanning Noise in Airborne Moving Target Radar, *IRE WESCON Conv. Rec.*, **2-1**, 202-211, (1958)
8. E Aficher, B. Jervis, *Digital Signal Processing*, M.Williams, 992, (2004)
9. D. Barton, *Radar Systems Analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ., 206. (1964)
10. I. Korobko, *Radiotechnical Systems*, Sofia, (2003)
11. H. Finn, R. Johnson: Adaptive detection mode with threshold control as a function of spatially sampled clutter-level estimates, *RCA Rev.*, 414-464, September (1968)
12. K. Koen, P. Grant, *Adaptive filters*, World, (1988)
13. P. Bakulev, *Methods and devices for moving target detection*, Radiotechnic and communication, (1989)
14. P. Swerling, Probability of Detection for Fluctuating Targets, *IRE Trans.*, **IT-6**, 269-308, April (1960)
15. M. Skolnik, *Radar Handbook*, N.Y. Second Edition, (1990)
16. T. George, Fluctuations of ground clutter return in airborne radar equipment, *Proc. IEE (London)*, **99-IV**, 92-99, April (1952)
17. L. Veinstein, V. Zubakov, *Signal detection in background of random clutter*, Moscow, Soviet Radio, (1960)
18. M. Jelyazov, H. Lalev, Algorithms for detection of radiolocation signals in the background of clutter with unknown parameters
19. P. Bakulev, *Radiolocation of moving targets*, Moscow, Soviet Radio, (1964)
20. H. Ward, Doppler processor rejection of ambiguous clutter, *IEEE Trans.*, **AES-II**, July (1975)

Survey of the Doppler filter selection for moving targets

Mikhail Jeliarov^{1,*} and Zlatin Kolibarov¹

¹Department of Aeronautics, Technical University - Sofia, Bulgaria

Abstract: In the publication is proposed a schematic solution of a "zero" Doppler filter in the composition of a correlation - filter device, of the "Chebishev filter" with uniform frequency characteristics of the side lobes, the initial conditions are chosen similar to the characteristics of the real electromagnetic environment for the simulation. The parameters required for processing are set. A simulation study was carried out on the performance of the filter under the given initial conditions and the obtained results were compared with the characteristics of a real RLS of type ATCR 33 M/I.

1 Introduction

Analysis of the publications [1-6] on the problem shows that the method of comparing performance is used to assess the performance and optimality of a synthesized scheme. An evaluation of the interference intensity is made by selecting the clutter by time, spectral or spatial differences between the useful signal and the clutter. It is essential to evaluate both parameters (mean value and mathematical expectation) if the characteristics of the RLS and the locality type are known. Under a strictly defined structure of RLS, the "unconditional criterion of preference" or the method of sequential analysis could also be used.

In robust algorithms, a decision for the presence of a useful signal is taken according to the criterion "m by M", and the value of the threshold level is usually provided at the equality of probability of false alarm and the probability of missed target [1, 3, 6].

In the "selection of moving targets", the detection mode in the ATCR - 33 M / I primary radar has been enhanced by expanding the linear dynamic range (LDR) of the signal processor by means of a Doppler filter package, Constant of false alarm rate (CFAR), and adding one or more high-resolution "clutter maps" to suppress various types of passive interference. To adapt the continuously changing interfering factors, the ATCR-33 M / I receiver uses a complex of geographic maps of the nearby area to store information about the presence of clutter. The MTD process uses a group of 8 Doppler filters. The ATCR 33 M / I Signal Processor uses adaptive detection of moving targets to provide a Signal / Clutter ratio of at least 50 dB for ground clutter and between 15-30 dB for clutter caused by Rain, snow, clouds depending on the spectrum of clutter and the predictable speed of the accompanying target [7].

The MTD process implements coherent integration of an eight-cycle batch through 8 digital Doppler filters with a pulse frequency response - PFR; Select weight ratios for each Doppler filter using a "weight card" (no interference, low, strong or very high interference); Choice between

fixed and adaptive signal levels; Selecting the threshold level [7].

2 Exhibition

In a known publication [8, 9, 10, 11], a circuit diagram of a moving target detection device has been proposed in which a separate signal, synthesized by the reflected signal and inputting a second storage device into the output signal circuit is used for subtraction. When using the device, there are no limitations and compromises on the presence of transient processes; Improves the uniformity of the frequency response and increases the probability of proper detection of echo signals; no signal / noise ratio losses, and allows it to increase by 2 dB, under predetermined conditions; Reduces the impact of azimuthal scanning of antenna pattern performance and leads to a more accurate reproduction of the signal envelope, and hence increases the degree of compensation of reflected signals from fixed objects to 17÷20 dB, thus increasing the efficiency of the MTD when detecting signals in clutter background - "subclutter visibility" [8, 10].

In the performance test, a uniform distribution of frequency characteristics of the filters throughout the repetition period of the impulses is required to obtain a Doppler filter group - Fig.1

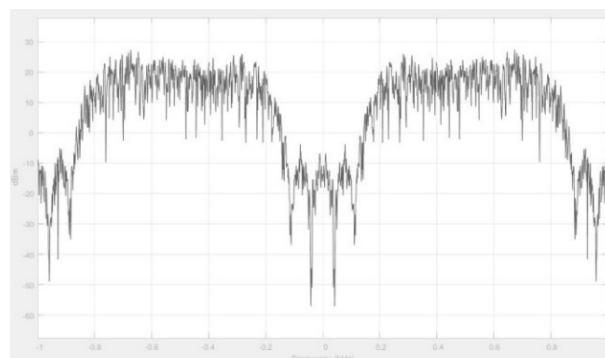


Fig. 1. AFR of batch 4 Doppler Filters.

* Corresponding author: mjeliarov@tu-sofia.bg

In accordance with the cited publication [8, 10], a single Doppler filter (Fig. 2), which is responsible for filtering the Zero Doppler frequencies, will be used in the subsequent simulation, and the others are equally distributed in the range of measured Doppler frequencies, thus providing full coverage of the frequency range.

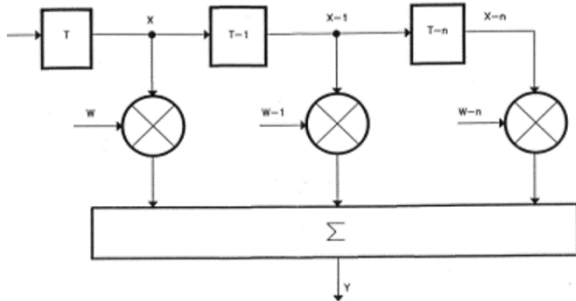


Fig. 2. Block schematic of Doppler filter.

The AFR of the thus obtained "Zero Doppler Filter" (Fig. 3) provides about 50 dB passive interference suppression, located at 0,8 of the Doppler range.

3 Analysis of the results obtained

Reducing loss of mismatch - (up to 0,5 dB) is achieved by allowing for higher levels of side lobes between 0,3 and 0,8 of the Doppler range, which increases the maximum Signal / Noise ratio - S / N. By using the filter group, up to 10 dB greater cancelation than the ATCR 33M / I Doppler filters is achieved.

In the simulation, this has been achieved by selecting and applying Chebyshev filters, which have even-numbered characteristics on the side lobes.

To improve the performance of the Doppler filters, digital signal processing is being used, so simulating the weight ratios in the Dolph - Chebyshev distribution can be chosen and adjusted more easily. This also results in a significant expansion of the radar receiver's dynamic range. To "fight" "the blind speeds", it is necessary to implement a two channel receiver with I, Q processing, which is complicated to perform in analog systems. The only problem is the right choice of a sufficiently fast analogue-to-digital converter - ADC.

To simulate and check the performance of a filter, Matlab software was used with the Simulink application. Input data for the filter calculations are:

- Coherent Processing Interval- CPI (N) = 8 impulses;
- number of Doppler filters = 4;
- level of suppression of Antenna Diagram side lobes = - 40 dB;

The "fdatool" feature, available in the program product, is used to realize the necessary filters.

A Finite Impulse Response (FIR) filter, also known as "Non-recursive filter" is selected. These filters work with a coherent N-pulse interval.

The processing interval [0 - N] is called a "window". The window of the filter consists of N + 1 impulses. The main advantages of the selected type of filter are the type of frequency and phase characteristics and their symmetry.

To evaluate the characteristics, as optimal was adopted filter, implementing the division of Dolph - Chebyshev. This filter has an AFR angle of 40 dB / decade, which makes it an appropriate choice for the required simulation. A Chebyshev filter of second order is used, because its AFR has side edges in the cut-off area and is monotone in the pass - band.

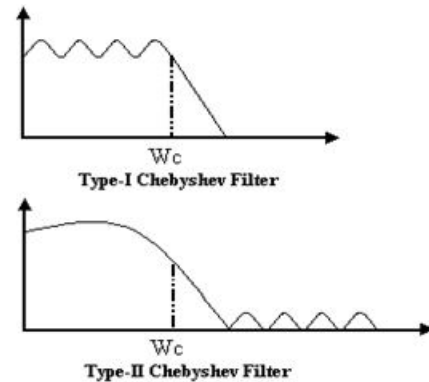


Fig. 3. AFR of Chebyshev filters.

From the "fdatool" application - Fig. 4, a "bandpass" filter and the type of the filter - with a Chebyshev distribution is selected, and the desired level of suppression of the side lobes - 30 dB. For the optimal option, a 20th order filter is obtained.

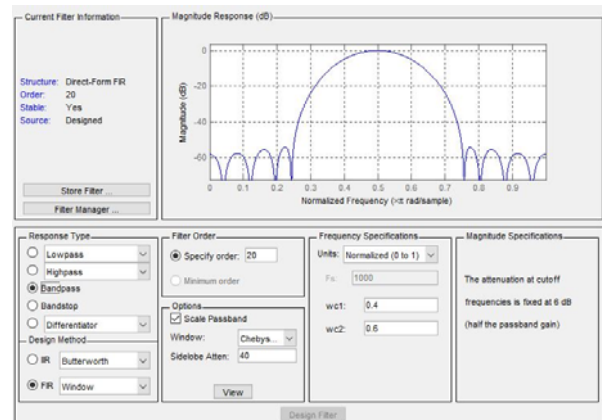


Fig. 4. "fdatool" application in Matlab.

After simulation of input data, the following frequency response is obtained for the desired filter - (Fig. 3), which covers a part of the middle Doppler frequencies.

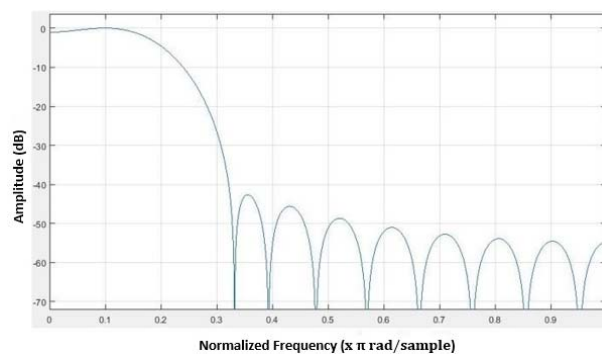


Fig. 5. AFR of "Zero" Doppler filter.

The resulting graph shows reaching about 50 dB suppression of Zero Doppler frequencies relative to the maximum, which provides about 5 percent suppression of "Zero" frequencies. A level of -50 dB suppression of volumetric disturbance has been reached, which is about ± 15 percent.

The filters used in the simulation are based on the block diagram shown in Figure 2, where:

- T-line of retention for one processing period;
- W - weight coefficient;
- Simulation of Impulse - Frequency response of the Doppler filter group is presented in Fig. 4, made in Simulink environment. The simulation performed corresponds to a frequency band of 1 kHz.

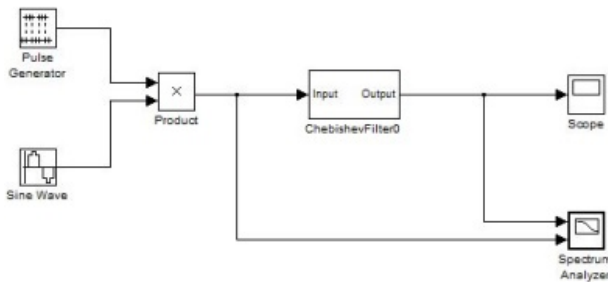


Fig. 6. Block schematic of realized simulation in Simulink.

In this way, the Doppler filter simulation team covers the entire range of Doppler frequencies in the repetition period (PRI).

Fig. 7 shows a Simple Doppler filter (Zero filter) covering the required low frequency range.

The realized simulation and the analysis made indicate that the proposed filter device can be used to improve the Signal / Clutter ratio as it achieves a reduction to -50 dB at the level of the AFR sidelobes with which they have a better rejection of passive clutter, caused by reflections of local objects in the vicinity of the RLS area.

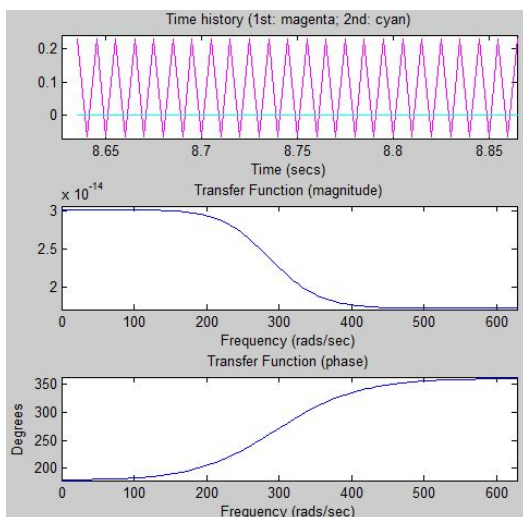


Fig.7. AFR and PFR of Zero Doppler Filter

It is also possible to use the synthesized circuit and the simulated Doppler filter group as a Batch Doppler filters. [1, 8, 13].

4 Conclusion

The analysis of the results obtained from the simulation shows: full functionality of the proposed circuit solutions; An opportunity to raise the "Signal / Clutter" ratio; limit the level of the side lobes to -50 dB; Better resolution of passive interference caused by reflections of local objects in the nearby RLS area; the use of the Chebishev filter group, which have uniform frequency characteristics of the side lobes, achieves up to 10 dB better cancelation of clutter than those used in the ATCR 33M / I Doppler filters.

In digital signal processing, the performance of Doppler filters improves considerably due to the simple choice and adjustment of the weight ratios in the Dolph-Chebyshev distribution, resulting in a significant expansion of the radar receiver's dynamic range, and to "fight" the "blind speeds" a dual-channel receiver with I, Q processing is used, and a suitable choice of a sufficiently fast analogue-to-digital converter; decreases the number of structural elements and reduces the computational volume of the input signals processing; the reliability of the system and its efficiency are increased.

References:

1. K. Koen, P. Grant, *Adaptive filters*. Univerce , (1988)
2. E. Aficher, B. Jarvis, *Digital Signal Processing*, M.Williams, 992, (2004)
3. A. Antonio, *Digital Filters: analysis and design*, Radiotechnic and communication, (1983)
4. P. Bakulev, *Radiolocation of moving targets*, Moscow, Soviet Radio, (1964)
5. P. Bakulev, *Methods and devices for moving target detection*, Radiotechnic and communication, (1989)
6. M. Jelyazov, H. Lalev, Algorithms for detection of radiolocation signals in the background of clutter with unknown parameters,
7. D. Schlerer, *MTI Radar*, Artech House, Inc., Norwood, Mass., (1978)
8. M. Skolnik, *Radar Handbook*, N.Y. Second Edition, (1990)
9. <http://www.findpatent.ru/patent/225/2255354.html>
10. <http://www.findpatent.ru/patent/225/2254594.html>
11. <http://www.findpatent.ru/patent/219/2192021.html>
12. I. Korobko, *Radiotechnical Systems*, Sofia, (2003)
13. T. George, Fluctuations of ground clutter return in airborne radar equipment, *Proc. IEE (London)*, **99-IV**, 92-99, April (1952)

Актуални стандарти в ОВД за защита на гражданското въздухоплаване от актове на незаконна намеса

Данчо Колибаров^{1,*}

¹Катедра ТАТТ, ТУ - София филиал Пловдив, България

Резюме: Представени са актуални стандарти от обслужване на въздушното движение, в сигурността на гражданското въздухоплаване, както и в програмата за контрол на качеството за постигане на сигурност в гражданската авиация.

1 Увод

След присъединяването на страната ни към ЕС, се започна работа в условията на вече реално членство в Съюза. Министерството на транспорта концентрира усилията си към провеждане на целенасочена и съобразена с европейските принципи транспортна политика, утвърждаваща световните стандарти за модерен, екологосъобразен и сигурен транспорт. Осъществи се мащабна законодателна дейност за хармонизиране на българското законодателство с европейското. Голям брой частни компании навлязоха в транспортния сектор, с цел повишаване качеството на предлаганите услуги на базата на изградените конкурентни отношения. Бяха извършени редица действия за повишаване безопасността и сигурността на въздушния транспорт.

На 18 декември 2007 г. Министерството на транспорта, Летище София и Щрабаг подписаха споразумение за приключване на финансовите взаимоотношения във връзка с изпълнението на проекта за развитие, разширение и реконструкция на летище София-ЛотБ1.

На 20 декември 2007 г. завършиха успешно изпитанията на място на автоматизираната система за управление на въздушното движение SATCAS, което може да се счита и за завършване на трета последна фаза от проекта за изграждане на Единен център за управление на въздушното движение. На 14 февруари 2008 г. се въведе в редовна експлоатация - окончателната софтуерна версия на системата и с нея започна да се обслужва въздушното движение в цялото въздушно пространство на Република България, включително и частта от въздушното пространство над Черно море, за което страната ни има сключено многостранно споразумение.

Разработени бяха: Национална програма за сигурност в гражданското въздухоплаване; Национална програма за контрол на качеството за постигане на сигурността в гражданското въздухоплаване и

Национална програма за обучение по сигурността в гражданското въздухоплаване.

Осигурено е поддържането на електронна база данни за авиационни произшествия, организирано съвместно със Специализираното звено за разследване на авиационни събития към МТ, ГД „ГВА” и ДП „РВД” (ECCAIRS – European Coordination Centre for Aviation Incident Reporting System). Разширен е и обхвата и съдържанието на контрола на чуждестранните въздухоплавателни средства, при изпълнение на европейската програма за контрол – SAFA, като в ГД „ГВА” е назначен национален координатор по програмата и е създаден екип от SAFA-инспектори, преминали съответен курс на обучение. Докладите от проверките се изпращат в Европейската агенция за авиационна безопасност EASA (EASA – European Aviation Safety Agency).

В ДП „РВД” е внедрена и сертифицирана система за управление на качеството по стандарта ISO 9001:2000, от фирма URS, за предоставяното аеронавигационно информационно обслужване и авиометеорологично обслужване.

Предложени са списък от препоръки и програма от конкретни стъпки за подобряване функционирането на системата за управление на въздушния транспорт. Подобрения биха могли да се постигнат единствено посредством силни функционално-регулаторни мерки с ефект там, където пазарните механизми не действат, както и посредством промяна на управленските структури за преодоляване на несъответствията между вземането на решения и финансирането. Необходимо е наличието на специален „Координатор на авиационната система”, за подпомагане на дейностите, свързани с капацитета както във въздушното пространство, така и на летищата. Тези препоръки са израз на конкретната подготовка на промени в законодателството за единното европейско въздушно пространство. Те ще улеснят успешната реализация на програма SESAR за модернизиране на системата за управление на европейския въздушен транспорт.

* Corresponding author: danchokol@abv.bg

2 Сигурност на летищата

2.1. Изисквания за планиране на летищата

Когато се планират и изграждат нови летищни съоръжения или се променят съществуващите такива, се вземат предвид изцяло изискванията за прилагане на общите основни стандарти, изложени в настоящото приложение и изпълнителните му актове.

На летищата се определят следните зони:

- а) охраняеми граници;
- б) съоръжение за излитане и кацане;
- в) зони с ограничен достъп; и
- г) критични части на зоните с ограничен достъп.

2.2. Контрол на достъпа

Достъпът до съоръженията за излитане и кацане е ограничен, за да се предотврати проникването до тях на лица и превозни средства, които нямат разрешение за това.

Влизането в зоните с ограничен достъп се контролира, за да се гарантира, че в тях няма да проникнат лица и превозни средства, които нямат разрешение за това.

На лицата и превозните средства може да бъде разрешено да влязат в съоръжението за излитане и кацане и в зоните с ограничен достъп само ако те отговарят на необходимите условия за сигурност.

Лицата, включително членовете на екипажа, трябва да са преминали успешно цялостната проверка, преди да им бъде издадена карта за самоличност на член на екипажа или летищна карта за самоличност, разрешаваща им да влизат непридружени в зоните с ограничен достъп.

2.3. Проверка на лица, които не са пътници, и на пренасяните вещи

Лицата, които не са пътници, заедно с пренасяните вещи се проверяват на принципа на постоянните случайни проверки при влизане в зоните с ограничен достъп, за да се предотврати внасянето на забранени предмети в тези зони. Лицата, които не са пътници, заедно с пренасяните вещи се проверяват при влизане в критичните части на зоните с ограничен достъп, за да се предотврати внасянето на забранени предмети в тези зони.

2.4. Проверка на превозните средства

Превозните средства, които влизат в зоната с ограничен достъп, се проверяват, за да се предотврати внасянето на забранени предмети в тази зона.

2.5. Наблюдение, патрулиране и други видове физически контрол

Наблюдение, патрулиране и други видове физически контрол се извършват на летищата и, когато е уместно, в прилежащите зони, до които има обществен

достъп, за да се идентифицират лица с подозрително поведение, да се открият слаби места, които биха могли да бъдат използвани за извършване на акт на незаконна намеса, и да се възпрат лицата, възнамеряващи да извършат такъв акт.

2.6. Демаркирани зони на летищата

Въздухоплавателните средства, паркирани в демаркираните зони на летищата, се отделят от въздухоплавателните средства, за които общите основни стандарти важат изцяло, за да се гарантира, че не се нарушават стандартите за сигурност, които се прилагат към въздухоплавателното средство, пътниците, багажа, товара и пощата на последните.

3 Сигурност на въздухоплавателното средство

Преди излитане въздухоплавателното средство се подлага на проверка или претърсване за сигурност, за да се гарантира, че на борда няма забранени предмети. Към транзитните въздухоплавателни средства могат да бъдат приложени други подходящи мерки.

Всяко въздухоплавателно средство следва да бъде защитено от незаконна намеса.

4 Пътници и ръчен багаж

4.1. Проверка на пътниците и ръчния багаж

Трансферните, транзитните и качващите се от съответното летище пътници, както и техният ръчен багаж се проверяват, за да се предотврати внасянето на забранени предмети в зоните с ограничен достъп и на борда на въздухоплавателните средства. Трансферните пътници и техният ръчен багаж могат да бъдат освободени от проверка, ако:

а) пристигат от държава-членка, освен в случаите, в които Комисията или държавата-членка са предоставили информация, че тези пътници и техният ръчен багаж не могат да се смятат за проверени съгласно общите основни стандарти; или

б) пристигат от трета държава, където прилаганите стандарти за сигурност са признати за равностойни на общите основни стандарти в съответствие с процедурата по регулиране, посочена в член 19, параграф 2.

Транзитните пътници и техният ръчен багаж могат да бъдат освободени от проверка, ако:

а) останат на борда на въздухоплавателното средство; или

б) не се смесват с проверени заминаващи пътници, различни от тези, които се качват на същото въздухоплавателно средство; или

в) пристигат от държава-членка, освен в случаите, в които Комисията или държавата-членка са предоставили информация, че тези пътници и техният ръчен багаж не могат да се смятат за проверени съгласно общите основни стандарти; или

г) пристигат от трета държава, където прилаганите стандарти за сигурност са признати за равностойни на общите основни стандарти в съответствие с процедурата по регулиране, посочена в член 19, параграф 2.

4.2. Защита на пътниците и ръчния багаж

Пътниците и техният ръчен багаж се защитават от незаконна намеса от мястото им на проверка до излитане на въздухоплавателното средство, на което се превозват.

Проверените излитащи пътници не се смесват с пристигащите пътници, освен ако:

а) пътниците пристигат от държава-членка, стига Комисията или държавата-членка да не са предоставили информация, че тези пристигащи пътници и техният ръчен багаж не могат да се смятат за проверени съгласно общите основни стандарти; или

б) пътниците пристигат от трета държава, където прилаганите стандарти за сигурност са признати за равностойни на общите основни стандарти в съответствие с процедурата по регулиране

4.3. Потенциални нарушители

Преди излитане потенциалните нарушители се подлагат на подходящи мерки за сигурност.

5 Регистриран багаж

5.1. Проверка на регистрирания багаж

Целият регистриран багаж се проверява, преди да бъде натоварен на въздухоплавателното средство, за да се предотврати внасянето на забранени предмети в зоната с ограничен достъп или на борда на въздухоплавателното средство.

Трансферният регистриран багаж може да не се проверява, ако:

а) пристига от държава-членка, стига Комисията или държавата-членка да не са предоставили информация, че този регистриран багаж не може да се смята за проверен съгласно общите основни стандарти, или

б) пристига от трета държава, където прилаганите стандарти за сигурност са признати за равностойни на общите основни стандарти в съответствие с процедурата по регулиране.

Транзитният регистриран багаж може да не се проверява, ако остане на борда на въздухоплавателното средство.

5.2. Защита на регистрирания багаж

Регистрираният багаж, пренасян от някое въздухоплавателно средство, се защитава срещу незаконно действие от мястото на проверката му или от мястото на приемането му от въздушния превозвач (в зависимост от това, кое от двете места е първо), до

излитането на въздухоплавателното средство, с което той се пренася.

5.3. Обработка на регистрирания багаж

Всеки отделен регистриран багаж се идентифицира като придружен или не придружен.

Непридружен багаж не се транспортира, освен ако той е бил разделен от пътника поради фактори извън контрола на пътника или е бил подложен на подходящ контрол за сигурност.

6 Товар и поща

6.1. Контрол по сигурността на товара и пощата

Всеки товар или поща се подлага на контрол за сигурност, преди да бъде натоварен на въздухоплавателното средство. Въздушните превозвачи не приемат за превозване на въздухоплавателно средство товари или поща, освен ако самите те не са ги подложили на контрол или ако подлагането на контрол не е потвърдено и отчетено с документ от пълноправен контролиращ служител, познат изпращач или регистриран изпращач. Трансферните товари и поща могат да се подложат на мерки за алтернативен контрол по сигурността, които ще бъдат описани подробно в изпълнителен акт. Транзитните товари и поща могат да се освободят от контрол за сигурност, ако останат на борда на въздухоплавателното средство.

6.2. Защита на товара и пощата

Товарът и пощата, които се превозват на въздухоплавателно средство, са защитени от незаконни действия от момента на провеждане на контрола за сигурност до излитането на въздухоплавателното средство, на което те се превозват.

Товарът и пощата, които не са адекватно защитени от незаконни действия след провеждане на контрола за сигурност, се проверяват.

7 Поща и материали на въздушния превозвач

Пощата и материалите на въздушния превозвач се подлагат на контрол за сигурност и след това се пазят, докато бъдат натоварени на въздухоплавателното средство, за да се предотврати внасянето на забранени предмети на борда на въздухоплавателното средство.

8 Стоки предназначени за полета

Предназначените за полета стоки, включително хранителните продукти, предназначени за превозване или използване на борда на въздухоплавателното средство, се подлагат на контрол за сигурност и след

това се пазят до натоварването им на въздухоплавателното средство, за да се предотврати внасянето на забранени предмети на борда му.

9 Стоки предназначени за летищата

Стоките, предназначени за продажба или използване в зоните с ограничен достъп, включително стоките за безмитните магазини и ресторанти, се подлагат на контрол за сигурност, за да се предотврати внасянето на забранени предмети в тези зони.

10 Мерки за сигурност по време на полета

Без да се засягат приложимите правила за безопасност на въздухоплаването:

а) се предотвратява проникването на лица, които нямат разрешение за това, в кабината на екипажа по време на полет

б) спрямо потенциалните нарушители се прилагат подходящи мерки за сигурност по време на полета.

Предприемат се подходящи мерки за сигурност, като обучение на екипажа и салонния персонал, за предотвратяване на актове на незаконна намеса по време на полет. На борда на въздухоплавателното средство не се внасят оръжия, с изключение на превозваните в багажното отделение, освен ако са изпълнени необходимите изисквания за сигурност съгласно националните закони и е дадено разрешение от съответните държави.

11 Наемане и обучение на персонала

Лицата, провеждащи или отговарящи за провеждането на проверки, контрол на достъпа или друг контрол по сигурността, се наемат, обучават и, когато е необходимо, им се издават свидетелства, които да гарантират, че те отговарят на изискванията за наемане на работа и са компетентни да поемат поверените им задължения. Лица, които не са пътници и които е необходимо да влизат в зоните с ограничен достъп, преминават обучение по сигурността, преди да им се издаде летищна карта за самоличност или карта за самоличност на член на екипажа. Обучението се провежда под форма на въвеждащо и периодично обучение. Инструкторите, ангажирани с обучението на лицата следва да притежават необходимата квалификация.

12 Оборудване за сигурност

Оборудването, използвано за проверка, контрол на достъпа и други видове контрол за сигурност, следва да съответства на определените спецификации и да е в състояние да извършва съответния контрол за сигурност.

13 Правила за безопасност по време на полет

Безопасността на всеки един полет зависи в немалка степен от поведението на пътниците на борда на самолета. При полет всеки клиент следва да се съобразява с правилата. При настаняване в самолета трябва да заемете точно определено място, отбелязано на бордната ви карта. Заемане на друго място или разместване след настаняването не се разрешава без изричното разрешение на член от екипажа на самолета. Препоръчвам да проследите внимателно демонстрациите във връзка с безопасността и действията при аварийни ситуации, които ще ви бъдат показани от кабинния състав, а също така и да се запознаете с инструкцията за безопасност, която се намира в джоба на седалката пред вас. Препоръчвам да не разкопчавате предпазния си колан по време на цялото пътуване. Употребата на всякакви електронни устройства на борда на самолета по време на излитане и кацане е строго забранена. След набиране на височина се позволява употребата на преносими компютри (с изключение на устройствата за безжичен интернет), компютърни игри и видеокamери. Пушенето на борда на самолета е строго забранено. Пътниците на борда са длъжни да изпълняват всички инструкции и изисквания на членовете на екипажа на самолета.

14 Права на пасажерите

Въздушните превозвачи са задължени по закон да ви информират за вашите права и къде може да подадете оплакване.

14.1. При недопускане на борда на самолета

Може да се ползвате от право на компенсация между 125 и 600 Евро в зависимост от дистанцията на полета и настъпилите закъснения поради премаршрутирането Ви.

14.2. При продължителни закъснения

Ако закъснението е по-дълго от пет часа. Вие можете да поискате да Ви върнат парите за билета, но само ако се откажете да пътувате.

14.3. При отмяна на полета

Имате право на финансова компенсация, ако се откажете да пътувате.

14.4. Помощ от страна на авиокомпаниите

Според обстоятелствата, ако не бъдете допуснати на борда на самолета или полетът Ви е отменен или закъснява може да се ползвате от право на помощ от страна на съответните авиокомпаниии (храна и безалкохолни напитки в разумни количества според

времето на изчакване, обаждане по телефон и факс, ношувка). При недопускане на борда или отмяна на полета може да Ви бъде предложено да изберете дали да продължите пътуването си или да върнете билета си срещу възстановяване на стойността му.

Повече информация и списък на органите, които отговарят за прилагането на правата на пасажерите в дадена страна, може да намерите на www.aprg.europa.eu

14.5. Затруднено придвижване

Инвалидите и лицата с намалена подвижност са защитени срещу дискриминация и от 26 юли 2008 г. могат да се ползват от специална помощ (при определени условия) за придвижване на територията на летищата в ЕС. Авиокомпаниите, летища или туристически фирми, които не изпълняват новите правила, ще бъдат наказвани със санкции и глоби.

14.6. Идентичност на авиокомпанията

Трябва да бъдете предварително информирани за това коя авиокомпания обслужва Вашия полет. В авиокомпаниите, които не са безопасни, са забранени за полети в ЕС или имат наложени ограничения.

14.7. Юридическа отговорност

Авиокомпаниите могат да бъдат подведени под юридическа отговорност за нанесени щети поради закъснение на полет (в размер до ок. 4800 Евро), поради загуба на багаж (в размер до ок. 1200 Евро) и поради нанесени физически наранявания или предизвикана смърт по време на произшествие. Те обаче не могат да бъдат подведени под отговорност ако са предприели всички разумни мерки за избягване на щетите или не са разполагали с възможност да предприемат такива мерки.

14.8. Туристически пакети

Туроператорите трябва да предоставят точна информация за всеки резервиран пакет, да спазват задълженията си по договор и да осигуряват защитата на обслужваните от тях пътници при несъстоятелност на организатора.

15Топ 5 на най безопасните компании за пътуване

Пътуването със самолет традиционно се смята за изключително безопасен вид транспорт. Ето и обещаната подредба на авиокомпаниите, с които според изданието Askmen е за предпочитане да се лети. Този топ 5 се базира на междуконтинентални авиокомпаниите, с най-малко инциденти от 1985 г. насам. Задължително условие е, те да са извършили над един милион полети.

15.1. British Airways

Много неща са казани за British Airways и много малко са в тяхна полза. Но едно нещо не може да им се отрече и това е, че те знаят най-добре как се лети безопасно. Без фатален инцидент от 1976 г. и изумителните над шест милиона полета от тогава, безспорният победител в тази класация е националният авиопревозвач на Великобритания. През 2019 г. компанията ще чества 100 години от своето създаване и е една от най-старите такива, които все още функционират, но и една от най-големите в света. British Airways лети до стотици дестинации, като превозва между между тридесет и четиридесет милиона пътници всяка година.

15.2. Air Canada

Основана през 1936 г., към настоящия момент авиокомпания Air Canada лети до 178 дестинации в цял свят. Достойно заема второ място на най-безопасните авиокомпаниите в света, извършила 4 840 000 полета след последния си фатален инцидент, който бе през 1983 г. Някои биха се изненадали, че заема второ място с толкова скорошен трагичен случай, но заради изключително големия брой полети след това, тя е изключително добър избор за неспокойните пътници, държащи на своята безопасност. Обслужва 35 000 000 пътници всяка година и извършва около 1 400 полета дневно.

15.3. All Nippon Airways

За да влезе в челната тройка в списъка на най-безопасните авиолинии, всяка компания трябва да има в биографията си колкото се може повече безопасни полети. Заела почетното трето място, All Nippon Airways (ANA) е вторият по големина превозвач в Япония. Транспортирайки няколко милиона пасажери всяка година и то до 35 различни страни, ANA лети успешно от 1975 г. насам, без нито едно произшествие. Компанията е основана през 1952 г., отличава се с прецизната си точност, както и с много други международни награди за върховите си постижения. В сайтът на авиокомпанията сигурността е изведена като приоритет номер едно.

15.4. Qantas

Въпреки последните гръмки заглавия за инциденти със самолети на авиокомпанията, Qantas се радва на много успешната си 97 годишна история. Основана в Австралия през 1920 г., тя е една от най-старите авиокомпаниите в света. Лети до 182 дестинации в 44 различни държави. Нейният последен фатален инцидент е през 1951 г., което си е почти 66 години, с повече от 2 500 000 полета без значителна злополука. За всички, които възнамеряват да закупят самолетни билети и да летят до Австралия, несъмнено това е компания, за която тревогите са на заден план. Skytrax

също класира Qantas сред най-добрите авиокомпаниии в света.

15.5. Finnair

Finnair има забележителен рекорд без инцидент почти 54 години. Последният е през 1963 г. Позната като Finnair от 1953 г., колоритната история на авиокомпанията започва в далечната 1920 г. През Втората световна война Finnair предоставя половината от своя флот за целите на въздушните сили. Авиокомпанията също е сред най-старите опериращи в цял свят и е уникална с това, че лети над Арктика с цел много по кратки коридори до Азия. Забележителна е и със своите 10 000 000 пътници в цял свят, както и това, че изпълнява полети до 55 международни дестинации.

Лети до над 30 различни страни и седмично извършва средно по 1600 полета.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.mtitc.government.bg/sitemap.php>
2. http://www.skybrary.aero/index.php/Main_Page
3. <http://www.eurocontrol.int/articles/prc-and-prb-publications>
4. <http://www.ready.noaa.gov/READYcmet.php>
5. <http://ec.europa.eu/transport/modes/air>
6. <http://www.atcos.bg/>
7. <http://www.bulatsa.com>
8. <http://www.check.bg>
9. <http://www.air.bg/safety>
10. <http://www.europe.bg/>

Current standards in aid to protect civil aviation from acts of unlawful interference

*Dancho Kolibarov*¹

¹Department of Transport and Aircraft Equipment and Technologies, Technical University of Sofia Branch Plovdiv, Bulgaria

Abstract: Current standards of air traffic services, civil aviation security, as well as the quality control program for the security of in-flight aviation are presented.

Система за комплексна рехабилитация и профилактика на нарушенията в психосоматичното състояние на операторите на ергатични комплекси

Геннадий Маклаков^{1,*} и Петър Гецов¹

¹Институт за космически изследвания и технологии БАН, София, България

Резюме. В статията се разглеждат психотерапевтични методи за комплексна рехабилитация на операторите на ергатични системи. Анализират се възможностите на метод, съвместяващ вибростимулация с ароматерапия на музикален фон. Показано е как технологията ГРВ-биоелектрография може да бъде приложена за диагностика на психо-емоционалното състояние на операторите.

1 Увод

Има безброй доказателства, че за безопасността на сложните ергатични системи решаваща роля играе умението на човека да приема правилни решения. В екстремални ситуации обаче психиката е подложена на силно натоварване и са възможни психически нарушения. От своя страна те много често провокират възникването и развитието на сериозни соматични заболявания.

По тази причина важна задача на психологията на безопасността е изучаването на закономерностите за адекватно отразяване на опасността и конструктивно регулиране на поведението с цел да се съхрани цялостността и стабилността на човека (или на група хора) като психологическа система.

Особено актуално в този план е разработването на мерки за профилактика на психосоматичните нарушения у операторите на сложни ергатични системи. Рационалните схеми за възстановяване укрепват психоемоционалното състояние и така могат да подпомогнат приемането на правилни решения в стресово състояние, предизвикано от аварийна ситуация на местата, свързани с критичните технологии. Такива са в частност службите за управление на авиацията и космическите полети и други видове транспорт.

Интересът към методите и начините за възстановяване на психическите резерви с помощта на различни видове психо-физическо оздравително въздействие нараства. От тук и ценността на усилията за създаването на ефективни лечебно-профилактични мероприятия за възстановяване нормалното психосоматично състояние на човека.

2 Теоретични предпоставки за разработване на методи за рехабилитация и профилактика на нарушено психосоматично състояние

Откритията в областта на биокибернетиката и биофизиката дават възможност да се подходи по новому към профилактиката и лечението на нарушенията в психосоматичното състояние на човека. Базова изходна теоретична предпоставка за създаването на комплексна система с такава цел е:

1) Човекът е сложна динамична система, създавана от широк спектър енергийни излъчвания от клетките, органите, тъканите и физиологичните процеси в организма. Неговата жизнена дейност се определя от постоянен енергоинформационен обмен с външната среда.

2) За създаване на оптимални методи за лечебно-възстановителни въздействия на нарушенията в психосоматичното състояние на операторите на ергатични системи с голям успех може да бъде използвано явлението биорезонанс, на което се основава музикотерапията [1].

3) За диагностициране на текущото и прогнозиране на бъдещото психоемоционално състояние на човека най-подходящ метод се явява технологията газоразрядна визуализация (ГРВ).

Само няколко пояснения относно избраната концепция за създаване на система от лечебно-възстановителни мероприятия на нарушенията в психосоматичното състояние на операторите на ергатични системи.

Изследванията, проведени в Института по биофизика при Руската академия на науките, убедително показват възникване на вътрешно акустично поле при протичането на биохимични и биофизични процеси у човека. От тук следва изводът, че външното акустично поле може да интерферира със собственото акустично поле на организма и да оптимизира скоростта на биохимичните и биофизичните процеси. Т.е. правилно избраната музикална композиция може да осигури високоефективно възстановяване на психосоматичното състояние на човека.

* Corresponding author: gmaklakov@mail.bg

По-подробно влиянието на акустичните полета, в частност – на музиката върху биохимичните процеси, е изложено в [2].

Казано накратко, правилно генерираното външно акустично поле може да интерферира със собственото акустично поле на организма и да оптимизира скоростта на биохимичните и биофизичните процеси. Т.е. правилно избраната музикална композиция може да осигури високоефективно възстановяване на психосоматичното състояние на човека.

3 Избор на лечебно-профилактична стратегия за стабилизиране на психоемоционалното състояние

В последно време в медицинската практика все по-широко се разпространяват методите за стабилизиране на психоемоционалното състояние чрез нетрадиционни подходи. Получават приложение комбинирани лечебни процедури, реализиращи комплексно въздействие върху човешкия организъм. Пример за това е използването на ароматерапия в съчетание с нискочестотна вибростимулация на фона на специална музика. В редица лечебни заведения често се използват разработки на фирми за въздействие върху главния мозък посредством моделирани за целта светлинни и звукови вълни. Тези разработки не винаги са добре проверени и крият реална опасност от вредно влияние върху мозъка.

Ние предлагаме следната лечебно-профилактична процедура:

- вибростимулация върху цялата повърхност на тялото с ароматерапия на фона на музика;
- музикотерапия, съчетана с нискочестотна фотостимулация върху ретината на очите.

Ефективността на посочените лечебни процедури беше доказана още през 1997 г. [3].

4 Използване на ГРВ технологията за комплексна рехабилитация и профилактика на нарушенията в психосоматичното състояние на операторите на ергатични системи

Разработването на оптимални схеми за рехабилитация е възможно при наличие на сигурни средства за диагностициране на психосоматичното състояние на даден човек, за определяне степента на неговите отклонения от нормата. Съществуващите приборни методи за наблюдение не винаги позволяват ефективно проследяване на особеностите в психо-физиологичното състояние в режим на реално време, което е свързано със сложността на обработването на данните, значителното количество артефакти, несъвършенството на методите за наблюдение.

Положението кардинално се променя след появяването на приборите за диагностика на базата на метода газоразрядна визуализация (ГРВ). Методът се

основава на ефекта на светенето на обекти от различно естество в електромагнитно поле. Технологията ГРВ-биоелектрография е подробно изложена в [4].

Тази технология ние препоръчваме за анализиране ефективността от прилагането на музикотерапия и разработване на оптимална схема за рехабилитация. Целесъобразно е да се използва приборът „ГРВ компакт ЭКО“, разработен от фирма Kirliionics Technology International. При това най-информативни са следните параметри: площ на светене, коефициент на симетрия, ентропия.

С помощта на метода ГРВ се определят оптимални параметри на процедурата (характер на музиката, тип вибрации, вид на растителните биорегулатори, честота на фотостимулацията, продължителност на процедурата).

5 Създаване на система за рехабилитация и профилактика на нарушенията в психофизиологическото състояние

Като основа на системата за комплексна рехабилитация и профилактика на нарушенията в психосоматичното състояние на операторите на ергатични системи служат изследвания, направени в Украйна през 1997-2000 г.

За проследяване на различните режими на вибростимулация съвместно с ароматерапия на музикален фон е целесъобразно да се работи с алфа-камера (на компанията Sybaritic Inc., САЩ).

За музикален съпровод е препоръчително да се използват музикални произведения, съдържащи запис на ниски и инфраниски честоти, стимулиращи човешкия мозък и предизвикващи релаксиращ ефект. Например, запис "Soft Sounds" (на компанията 21st Century Industries, САЩ), запис "Egg of Time" (разработка на Дж.Томпсън, Институт по акустически вибрации, Калифорния, САЩ). За ароматерапия са подходящи растителни биорегулатори (РАБ) местно производство (етерични масла от карамфил, лавандула, здравец, евкалипт) и вносни (композиции: "Cleansing", "Vigor", "Relaxation", "Helth").

Характерът на вибрациите, видът РАБ и спецификата на музиката позволяват да се оптимизират параметрите на нискочестотната виброароматерапия и с успех да се използва алфа-камерата в лечебно-профилактичните процедури.

За получаване на обективна информация относно лечебния ефект от нискочестотната фотостимулация върху ретината на очите е възможно да се използва устройството RelaxEase (разработка на компанията 21st Century Industries, САЩ), което с помощта на фотодиоди осигурява светлинни импулси, въздействащи върху ретината с честота алфа и тета ритми на главния мозък. В съответствие с препоръките на фирмата, произвела фотостимулатора, беше проучена възможността за използване на фотостимулацията едновременно с музикотерапия.

Изследванията ни показват, че при използване на препоръчаните от фирмата режими в някои случаи

действително се наблюдава известно снижаване (средно 28,4%) на индекса на напрежение в регулаторните системи на организма, но това се постига на висока цена. Произтича дебалансиране на информационното взаимодействие на подсистемите на организма.

Налага се и изводът, че използването на нискочестотна фотостимулация за лечебни цели трябва да се осъществява много внимателно предвид сложното и специфично нейно влияние върху организма. Практически всички зависимости върху физиологическите показатели на организма от режимите на процедурата фотостимулация имат екстремум. Например относителната ентропия на биосистемата малко зависи от продължителността на процедурата, но има минимум при честота 7 Hz, при което нейното значение е максимално в отсъствие на музика. Относителната организация на биосистемата също има минимум при честота 7 Hz, но конкретните й значения зависят от характера на музиката. Относителната организация на биосистемата е минимална при отсъствие на музика и максимална при използване на квазивербален звуков ред [1,3].

Зависимостта на нивото на хармонизация на биосистемата от честотата на фотостимулацията носи много екстремален характер (честотната характеристика има минимум на честоти 7,1 Hz и 1,7 Hz), конкретните значения зависят от продължителността на процедурата (минимум се наблюдава при 30 мин.). Степента на релаксация на организма може да се оцени по индекса на напрежение на регулаторните системи. Той има максимум при 2 Hz и слабо зависи от характера на музиката. Зависимостта на индекса на напрежение от продължителността на процедурата има максимум при 15 минути.

Може да се отбележи и още един интересен факт. Интензивността на информационно въздействие върху организма се наблюдава на честота от порядъка 4 Hz и не зависи нито от характера на музиката, нито от продължителността на процедурата (във всеки случай ефектът от фотостимулацията се наблюдава още след 5 минути) [4].

6 Система за комплексна рехабилитация и профилактика на нарушения в психосоматичното състояние на основата на биорезонансна психокорекция

Посочените разработки залегнаха в система за комплексна рехабилитация и профилактика на нарушенията в психосоматичното състояние, базирана на биорезонансна психокорекция и провеждана в условията на курортно-санаториално лечение.

Основната концепция на тази система по същество се заключава в организирането на рехабилитационни и профилактични мероприятия, които слагат акцент не върху здравето на физическото тяло, а преди всичко върху развитието на потенциала на човека, на неговите интелектуални и творчески възможности, на

способността му да приема адекватни решения в сложни аврийни ситуации.

Предлаганата система за рехабилитация и профилактика на нарушенията в психосоматичното състояние предвижда комплексна реализация на следните мероприятия [1]:

- използване на психолингвистично и квазивербално тестване с цел получаване на обективна информация за психосоматичните нарушения в организма на клетъчно-молекулярно ниво;
- използване на методика за формиране на специални акустико-информационни полета за стабилизиране на психиката;
- създаване на индивидуална рационална система за хранене на базата на хранителни продукти, обогатени с микроорганизми и специални добавки, насочени към комплексно почистване на организма и възстановяване на неговите функции.

Методиката за формиране на специални акустико-информационни полета за стабилизиране на психиката е разгледана в [2].

7 Извод

Проведените експерименти напълно потвърждават правилността на описаните по-горе методи и способности за възстановяване на психическите резерви на човека с помощта на различни видове психо-физически оздравителни въздействия. Експериментално беше показано, че разглежданата система за комплексна рехабилитация и профилактика на нарушения в психосоматичното състояние, основана на биорезонансната психокорекция, с голям ефект може да се използва в системата за рехабилитация и профилактика на нарушения в психосоматичното състояние на лица, намиращи се в зона на стихийно бедствие.

След провеждането на процедурите пациентите отбелязват подобряване на настроението, чувство за емоционален подем. Изчезва депресията. Адекватно е възприеман околният свят. Обективно е фиксирано увеличаване на адаптационните резерви на организма.

Разглежданата система за комплексна рехабилитация и профилактика може с добър ефект да се използва за стабилизиране на емоционалното състояние на операторите на сложни технологични системи за управление.

Литература

1. Г. Маклаков, И. Шванева, Система комплексной реабилитации и профилактики нарушений психосоматического состояния человека на основе биорезонансной психокоррекции. *НПК Гурзуфского центрального военного санатория*. МО Украины, 34-36, (1997)
2. Г. Маклаков, Н. Георгиева, Музикалната психотерапия в програмите за възстановителна корекция на психо-физиологиното състояние на работещите в транспорта, *БулТранс-2017*, (2017)

3. Г. Маклаков, И. Шванева, И. Кущенко, В. Колмогоров, Н. Филонов, Практические аспекты использования низкочастотной виброароматерапии для стабилизации психоэмоционального состояния человека, *МНК IT+ME '98*, Крым, Ялта – Гурзуф, **2**, 518-521, (1998)
4. Г. Маклаков. Възможности за прилагане на ГРВ-биоелектрографията за оценяване и прогнозиране на психо-физиологичното състояние на работещите в транспорта, *БулТранс-2016*, 19-23, (2016)

System for complex rehabilitation and prophylaxis the infringements in the psycho-emotional state of the operators of ergatic systems

*Gennadii Maklakov*¹ and *Petar Getsov*¹

¹Space Research and Technology Institute of Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Abstract. The article discusses psychotherapeutic methods for the complex rehabilitation of operators of ergatic systems in extreme situations. The possibilities of a method combining vibro-stimulation with aromatherapy on a background music are analyzed. It is demonstrated how the method gas-discharge visualization can be applied to diagnose the psycho-emotional state of the operators.

Музикотерапия в програмите за възстановителна корекция на психо-физиологическото състояние на работещите в транспорта

Геннадий Маклаков^{1,*} и Надежда Георгиева

¹Институт за космически изследвания и технологии БАН, София, България

Резюме: В статията се разглеждат методи за прилагане на музикотерапия с цел стабилизиране на психо-физиологичното състояние на работещите в транспорта. Анализират се възможностите на явлениято биорезонанс за възстановителна корекция. Показана е възможността на технологията ГРВ-биоелектрография за избор на оптимална стратегия при провеждане на музикотерпия.

1 Увод

За безопасността на транспорта уменията на човека да приема правилни решения в екстремална ситуация играе изключителна роля. Това е повече от основателна причина да се търсят нови и все по-ефективни методи за възстановяването, укрепването и опазването на физическото и психическото здраве на работещите при силен стрес. Сред най-перспективните от тези методи днес разглеждаме музикалната психотерапия (психокорекция).

Да се спрем отначало на теоретичните положения за музикотерапия, които могат да бъдат основни при създаването на системи за възстановителна корекция на психо-физиологичното състояние на работещите в транспорта.

2 Теоретични предпоставки за разработване на музикотерапевтични методи за рехабилитация и профилактика на нарушено психосоматично състояние.

Изхождаме от факта, че всеки жив организъм е система, чиято жизнена дейност се съпровожда с протичането на множество микро- и макро процеси.

Още през 1968 г. проф. С. Е. Шнол (Институт по биофизика при Руската академия на науките) доказва, че честотата на оборотите на ензимите в човешкия организъм се намира в нискочестотния диапазон (10-40000 Hz) [1].

Така например цитохром-редуктазата, която е включена в критичната фаза на енергийните доставки – при усвояване на кислорода, има честота на оборотите 183 Hz, много близка до нотата фа-диез на ниската октава – 185 Hz [1].

Ферментите, способстващи усвояването на глюкозата – фосфоорилаза и глюкомутаза, имат брой на

оборотите 676 и 1600 Hz. За сравнение: нота ми на втора октава – 659 Hz, сол на втора октава – 1567 Hz. С други думи съвместната работа на ензимите създава акустично поле на клетката, чиито параметри силно корелират с параметрите на музикалния звуков ред [1].

Откритията в областта на квантовата генетика дават възможност да се подходи по новому към профилактиката и лечението на нарушенията в психосоматичното състояние на човека. Базова изходна теоретична предпоставка за създаването на комплексна система с такава цел е разглеждането на биоенергоинформационните взаимодействия в организма от позицията на корпускуларно-вълновия дуализъм. В Института по квантова генетика (Русия, Москва) експериментално беше показано влиянието на електромагнитните и акустичните полета върху синтеза на белтъчини [2].

Както показват изследванията [3-5], явлениято биорезонанс може и се използва с успех не само за диагностични цели. То е подходящо за създаване на оптимални методи за лечебно-възстановителни мероприятия.

Казано накратко, правилно генерираното външно акустично поле може да интерферира със собственото акустично поле на организма и да оптимизира скоростта на биохимичните и биофизичните процеси. Т.е. правилно избраната музикална композиция е в състояние да осигури високоефективно възстановяване на психосоматичното състояние на човека.

Казано иначе, при възприемането на музика физиологичните ритми на човека резонират и неволно се приспособяват към нейните честотни и динамични показатели. Анализът на научните изследвания в областта на музикалната терапия ни позволява да изведем друго важно заключение: музиката може да проникне в организма не само директно през органите на слуха, но и през кожата. Подобен подход ще бъде разбираем, ако представим музиката като поток от

* Corresponding author: gmaklavov@mail.bg

звукови вълни - на физиолозите е добре известно, че нашата кожа възприема тези вълни в най-широк диапазон - отвъд долните (16 - 20 Hz) и горните (16 000 - 20 000 Hz) прагове на слухово възприятие. Така че психическите и соматичните ефекти на музикалните влияния могат да бъдат обусловени не само от емоционалното възприятие (чрез слухови анализатори), но и от директни акустично резонансни отклици от страна на клетките, органите и системите.

3 Избор на лечебно-профилактична система на основата на музикотерпия за стабилизиране на психофизиологичното състояние

Да тръгнем от следното определение за музикотерпията: това е система за психосоматично регулиране на функциите на човешкия организъм, имайки предвид едновременното влияние на акустичните вълни, организирани в музикална структура, върху психоемоционалната, духовната сфера на човека и директно върху повърхността на тялото и вътрешните органи [6]. Изхождайки от този подход, ние можем да разграничим следните области в използването на музикалната терапия за стабилизиране от психофизиологичното състояние на човека:

- 1) психо-емоционална, въз основа на слушане на:
 - специално подбрани музикални произведения (национална, класическа, естрадна музика, звън на църковни камбани и др.);
 - природни акустични композиции (звук от падаща вода, пеене на птици, шум от вятър, звук от горящ огън и др.).
- 2) Физиологична, въз основа на:
 - слушане на бинаурални композиции, базирани на екологично-физиологичните принципи на функциониране на слуховия анализатор;
 - биорезонансно въздействие на акустично поле върху клетки, тъкани и органи, резонансните честоти на които съвпадат с честотата на звуковите сигнали (чрез пряко въздействие върху човешката кожа).

При избора на подходяща музикална терапия трябва да се ръководим от факта, че човек има индивидуална чувствителност към определена музика, а в някои случаи е възможна непоносимост към определени музикални жанрове.

4 Предварителни изследвания за ефективността на музикотерпията при възстановяване на психофизиологичното състояние

Както вече беше подчертано, една и съща музика може да не повлияе еднакво върху различните хора. Отражават се личните предпочитания, текущото психо-емоционално състояние. Ето защо в началото е целесъобразно да се определят вътрешните музикални предпочитания на всеки човек.

За тази цел е препоръчително да се използват методите за психологическо тестване и приборите за диагностика, базирани на метода на газоразрядната визуализация (ГРВ). Методът се основава на ефекта на светенето на обекти от различно естество в електромагнитно поле. Технологията ГРВ-биоелектрография е подробно изложена в [7].

ГРВ-технологията ние препоръчваме за анализирани ефективността при разработване на оптимална схема за музикотерпия. Целесъобразно е да се използва приборът „ГРВ компакт ЭКО“, произведен от фирма Kirlionics Technology International. При това най-информативни са следните параметри: площ на светене, коефициент на симетрия, ентропия.

При разработването на оптимална схема за музикотерпия използвахме допълнително следните психологически тестове: тест САН (оценка на самочувствието, активността и настроението), въпросник за социално-психологическа адаптация по К. Роджърс и Р. Даймонд; тест на Люшер; тест на Шулте (определяне устойчивостта на вниманието и динамиката на работоспособността).

С помощта на съответното акустично влияние (музикален квазиред) може да се постигне променено състояние на съзнанието (ИСС).

Както е известно, ИСС може да изменя текущото (естествено) състояние на човека както с положителен знак (вдъхновение, душевен подем, озарение и др.), така и с отрицателен (депресия, агресивност и др.). ИСС може да способства за свръхбързо приемане на адекватно решение за изход от аварийна ситуация или да затормози (а понякога и въобще да блокира) процеса на вземане на правилно решение. Психолозите отдавна са забелязали друга характеристика на ИСС: човек в това състояние променя възприятието си за време (психологическо време) [8].

Появя се невероятен парадокс - у човека вътрешното време сякаш „се разтяга“, т.е. струва му се, че са минали няколко минути, но в действителност (в реалния свят) са минали няколко секунди или дори милисекунди. С други думи, той като че има повече време, за да вземе решение и успява да вземе правилното решение в извънредна ситуация. Примери за проявление на такъв парадокс често сочат пилоти-изпитатели.

За оценяване на вътрешното (психологическото) време използвахме въпросника за временната перспектива на Зимбардо (тест, насочен към диагностициране на личностното отношение към времевия континуум) и методиката „Семантичен диференциал на времето“ - за оценяване на когнитивните и емоционалните компоненти в субективното възприемане на личното психологическо време.

За да се проверят формулираните положения бяха извършени предварителни експерименти.

Първи експеримент. Изучаване на влиянието на музикална композиция върху човек: Вариации по тема от пиесата на Р. Фрип "Проповедта на планината" (сборник „Камбаният звън на Русия“). Наблюдавано е значително увеличение на индикаторите САН (с 15-23%).

Тестът на Люшер показва стабилизиране на психо-емоционалното състояние. Визуално е увеличена на площта на ГРВ-грамите, увеличава се яркостта на тяхното светене. Математическата обработка на ГРВ-грамите също показва стабилизиране на психо-емоционалното състояние на човека.

Втори експеримент. Изучаване влиянието на специално създаден квазимузикален звуков ред, в който на основата на бинаурален ефект са записани честоти, съответстващи на тета ритъма (4 - 8 Hz) на главния мозък. Изследванията показват, че след изслушването на такава „музика“ се повишават показателите на теста Шулте (фиксиран са увеличаване на работоспособността на вниманието и динамиката на устойчивостта с 25-27 %). На ГРВ-грамите се появяват характерните признаци за възникване на ИСС [9].

Предварителните изследвания показват перспективност при използването на музикотерапия за възстановителна корекция на психо-физиологичното състояние на работещите в транспорта.

5 Извод

Понастоящем особена актуалност придобиват мерките за подобряване на съществуващите и създаване на нови ефективни средства и методи за рехабилитация и превенция, които увеличават резервния капацитет на организма. Тази задача е извънредно важна за работещите в транспорта.

За създаване на ефективни методи за рехабилитация и превенция с голям успех може да бъде използвана музикалната терапия - област на възстановителната медицина, която използва различни музикално-акустични методи, технологии и подходи за коригиране на психическото и физическото здраве.

Въздействието на музиката върху организма се проявява не само на емоционално, но и на физиологично ниво. Една от причините за физиологичния ефект от въздействието на музиката е, че нервната система, а с нея и мускулите, имат способността да усвояват ритъма.

За контролиране на психоемоционалното състояние при психотерапия и за създаване на ефективни схеми за музикална терапия е препоръчително да се използва методът за газообразна визуализация (ГРВ-технология).

Литература

1. С. Шноль, *Физико-химические факторы биологической эволюции*, М. Наука, (1979)
2. П. Гаряев, *Волновой генетический код*, М. ИПУ РАН, (1997)
3. Г. Маклаков, И. Шванева. Система комплексной реабилитации и профилактики нарушений психо-соматического состояния человека на основе биорезонансной психокоррекции, *НПК Гурзуфского центрального военного санатория*, МО Украины, 34-36, (1997)

4. Г. Маклаков, И. Кущенко, В. Колмогоров. Оптимизация режимов релаксации на основе метода низкочастотной фотостимуляции, *НПК „Проблемы квантовой медицины в Украине и за рубежом“*, 100-101, Донецк, Украина, (1997)
5. Г. Маклаков, Метод за комплексна оценка на психофизиологическите параметри на човека за обективизиране на неговото поведение в екстремални ситуации, *МНК „Приложна психология и социална практика“*, 329-339, Варна, (2011)
6. [6] С. Шушарджан. *Музикотерапия и резервы человеческого организма*. – М., (2010)
7. Г. Маклаков. Възможности за прилагане на ГРВ-биоелектрографията за оценяване и прогнозиране на психо-физиологичното състояние на работещите в транспорта, *БулТранс-2016*, 19-23, (2016)
8. Д. Спивак, *Измененные состояния сознания: психология и лингвистика*. СПб., „Издательский Дом Ювента“, (2000)
9. Г. Маклаков, П. Гецов, ГРВ-технологията като принцип за изследване на изменени състояния на съзнанието при професионалната дейност на авиационния персонал, *БулТранс-2016*, 24-27, (2016)

Music therapy in programs for restoration of psycho-physiological state of to transport workers

Gennadii Maklakov¹ and Nadezhda Georgieva

¹Space Research and Technology Institute of Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria

Abstract. The article examines methods of application of music therapy in order to stabilize the psycho-physiological state of the working people in transport. The possibilities of bioresonance phenomenon for reconstructive correction are analyzed. The ability of the gas-discharge visualization technology to select an optimal strategy for conducting music therapy is demonstrated.

A service life–time extension program (SLEP) of aircraft rubber products

Dobrin Seyzinski^{1,*} and Anton Siromashki¹

¹Technical University - Sofia, Plovdiv Branch, Department of Transport and Aviation Engineering, Plovdiv, Bulgaria

Abstract. Consideration of the issue of extension of the service life–time of aircraft rubber products of aging aircraft, examining its practical implementation in Bulgaria. For this purpose the aging of these products is considered, which is the main factor determining their service life. A brief description of the methodology for extending the service life–time, effectiveness of which is manifested by the results of its application in extending the life limit of certain aviation rubber products. This gives reason to recommend its application in the future.

1 Introduction

The problem with the service life of the aeronautical devices is a main one of modern aviation. It is very important for ageing (long exploited) planes and helicopters. Abroad aging aircraft whose service life concerning time (time of service, calendar time for service) goes over 15 years. In Bulgaria in this category are the Russian An-12, An-24, An-26, An-30, Su-25, Mi-8 and their modifications like the Czech L-410, L-39. After entering in EU the civil aircraft are operated by Bulgarian companies in countries where the European requirements in the area of aviation do not act. Up to this moment aeronautical technics belonging to state air forces is used witch are mainly to Bulgarian air force. Characteristic for them is that due to the economic crisis in the country the full capacity of this technics cannot be used because of the expired service life of time.

Abroad (USA, Europe, Russia) is believed that if under proper technical maintenance and if the necessary examinations are done, the service life during transport aircraft is limited primarily by economic, not by technical reasons. In this regard, over the last 30 years, numerous studies have been conducted, international conferences and amendments to normative documents, aimed at resolving service life issues during aging aircraft, after which they are subject to scrapping, as well as the issue of measures to ensure their flight safety. A small illustration of this work is published in [1-6] and the greatest achievement is the publication by the US Federal Aviation Agency (FAA) in 2008 of the Safety Standards for Aging Aircraft FAR 26.

In Bulgaria aging aircrafts operate under the planned warning system. It is characteristic of them, due to the economic crisis in the country (difficulties in supplying spare parts and accessories, problems with licensed production of jet fuel, the reduced flying hours, reaching the minimum for keeping pilots aliased, the stop of

repairs), the planning and manufacturing service life, including those of their components, aggregates and systems, can not be spent due to leaked life limits over time. This makes the resolving of the service life issue specific and up-to-date for our country, which also depends on the established material and technical base and the relevant scientific support [7-9].

In the present work the problem for extension of the service life–time of aeronautical rubber items and aging aircraft is discussed and its practical realization in our country during the last two decades. The present work deals with the issue of prolonging the service life of aviation rubber products and aging aircraft by exploring its practical implementation in Bulgaria over the past two decades. Aviation rubber products refer to different types of hoses, durable compounds, soft fuel tanks, sealing profiles and pads sleeve cuffs, antipacking and alloy elements of flight suits. For this purpose the aging of aviation rubber products is surveyed as it is the main factor for defining their life limits. A short description of the methodology to extend this service life which is a concrete realization of the generalized method of extending the service life-time of aircraft is presented [1, 2]. The effectiveness of the methodology is demonstrated by the results of its application in the extension of the service life of some aviation rubber products of aging aircraft which gives a reason to recommend its implementation in the future.

2 Aging of aviation rubber products

The aging of the material is the main factor which determines the service life of aviation rubber products. It is a change in the qualities of the rubber due irreversible chemical changes caused by warmth, light, oxygen. Irreversible local breakdowns under the impact of the anchorages and environmental corrosion tear can be

* Corresponding author: dobsey@tu-plovdiv.bg

considered as a process aging although that chemical changes are very small.

The characteristics of aging of tires as compared to other types of polymers are related to the ease of their oxidation due to the presence of $C=C$ bonds in most of the different kind of rubber and the use of type as elastic material mainly under tension. Aging is associated with the formation of free radicals initiating destruction or restructuring. Mechanical stresses help the development of local destructions due to the reduction of the recombination of the cleaved regions of the molecules, as well as the decrease in some cases of the activation of the chemical reactions occurring during aging.

One of the types of the tire aging in tense state is chemical relaxation. It occurs under the action of oxygen at elevated temperature. It results from the fact that due to the breakage of chemical bonds in the spatial grid of the deformed tire full stress relaxation and the accumulation of residual deformation. Under the conditions of constant deformation this leads to loss of sealing qualities.

The other kind of aging that could occur in aviation rubber products is ozone aging. It is caused by negligible concentrations of atmospheric ozone. It is included in the appearance and increase of cracks in the deformed (by stretching) tire leading to the tear break. Ozone aging is characterized by a very weak in the areas of deformations close to the critical and abnormal dependence of temperature crack growth. The ozone breakage is strongly accelerated by sunlight.

For increasing immunity of aviation rubber products of the different types of aging of rubber compounds, the corresponding stabilizers which significantly increase the durability period.

3 A service life–time extension program (SLEP) of aircraft rubber products

The methodology for extending the service life of aviation rubber products whose algorithm is show in Fig. 1 is based on the fact that the service life of these products is mainly determined by the different types of aging of their materials. Because of this in it comparative analysis of these physic–mechanical properties which depend most strongly on the aging process is done. For this purpose the test results showing the technical conditions of aviation rubber products are compared with the technical conditions for their production and commissioning. In the absence of such, technical conditions many he used for the material from which the articles or the corresponding properties found in the tests of non-invasive life limits have been stored in accordance with technical requirements and having sufficient service life items. In the latter can it is also necessary to carry out an analysis of the chemical composition of the tested articles in order to establish their compatibility.

The economic analysis allows determining the feasibility of the work related to the extension of the service life-time of aviation rubber products. The economic criterion for the effects of the service life-time must be $E = C_2 - C_1 \geq E_{min} \geq 0$ (C_1 – valve of the cost of extending the service life of the product and the ones for

its one year exploitation then within the newly assigned service life increase in time, C_2 – the cost of new item or the cost of repairing the product with expired service life, as well as the east of one year operation afterwards within the service life of the product).

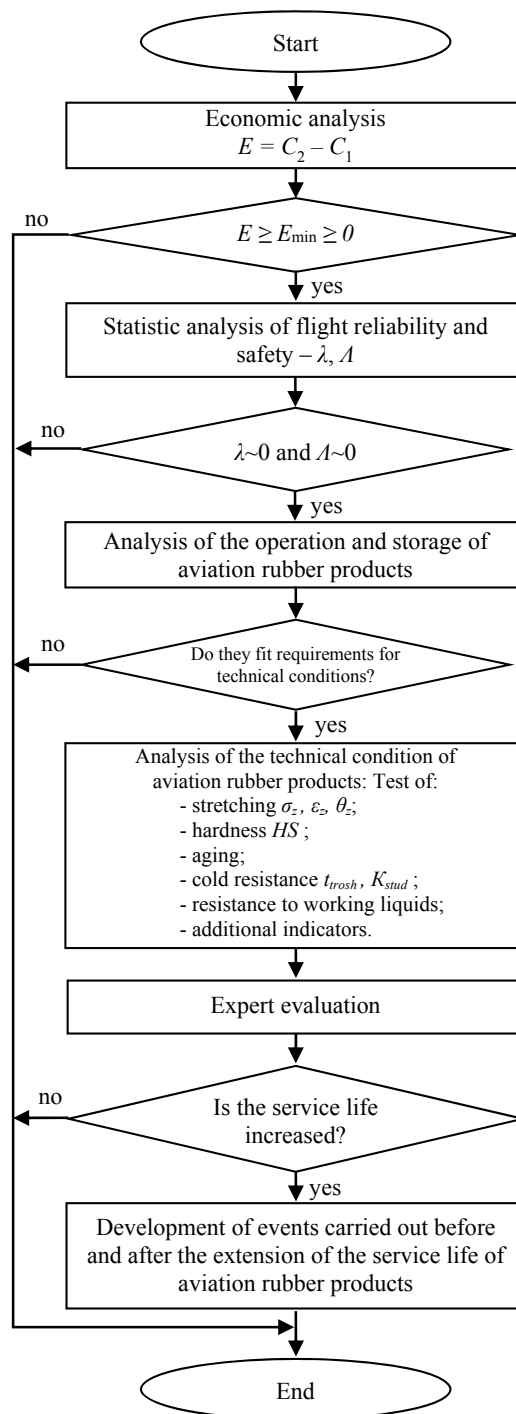


Fig. 1. Algorithm for extension aviation rubber products.

The operational reliability and flight safety performance of the investigated aviation rubber products is determined by statistical analysis of flight safety and operational safety data. Since these products are mostly non-repairable the suitability of demonstrable operational reliability the intensity of the failures can be used λ . For the assessment of the impact of the properties of the

device and the conditions for their operation on the level of flight safety is used an integral A . In order to increase the service life-time of aviation rubber products it is necessary $\lambda \sim 0$ and $A \sim 0$.

For stretch tests, the tensile strength limits σ_z , are determined relative extension at break point ε_z and the residual extension θ_z are determined. The hardness is determined by Shore method i.e. it is measured in HS .

The study of aging consists in determining the change of the above mentioned percentages after artificial aging which is heating of the standard sample of the investigated aviation rubber products in thermostat for the defined time (144 h at 70°C which corresponds to the natural aging of the rubber in 3 year time).

The requirement for cold resistance includes determination of temperature of crushing (the lowest temperature at which signs of deterioration and the coefficient of cold resistance $K_{stud} = \delta_{stud}/\delta_{norm}$, where δ_{stud} and δ_{norm} are relative extension respectively in the case of freezing and at normal temperature.

The resistance of rubber to various fluids (fuel, oil) is determined by the change in mass of the sample after holding it in that liquid for 24 h.

Additional tests are performed for some properties characteristic of aviation rubber products. For example the hoses (with braiding and without braiding) must be subjected to additional hydraulic pressure tests according to Table 1, where p is the working pressure in the hose. Rubber tanks must be further tested for air tightness at air pressure of the air 0,2–0,25 MPa for 10 min.

Table 1. Test pressure in the hose.

Kind of testing	Hoses with non-metallic braiding	Hoses with metallic braiding
To airtightness	1,25 p	1,25 p
To strength	3,00 p	4,00 p

Expert assessment is the most important moment of the entire complex of activities. For each type of product it is individual. It is performed by an expert commission based on the parameters of the technical state to these of the technical conditions. The validity of the decision is determined to a great extent by the expertise of the commission experts. As such, in the commission for service life extension of the aviation rubber products the best scientist and experts in the field of rubber should be appointed.

The work and events carried out before and after the extension of the service life are realized by the respective exploitation organizations. The volume and periodicity of these activities are determined both by the decision comments and recommendations of the expert, as well as on the basis of the experience gained in the types of aviation rubber products.

The proposed methodology is applied separately for each series production for the tested type aviation rubber products. Where the full technical fitness of the products in different production series is fully demonstrated, the number of test pieces may be reduced.

4 Application of the methodology

Table 2 summarizes the tests results of fuel sample material 220.6100.0470.00 of the fuel system of MIG–23 BN. The purpose of the test is to extend the expired service life during storage and unused products of this type.

The table shows that the markers of the product are very good and correspond to a newly manufactured product. The increase of the service life can be done according to the scheme. The service life of the fuel to lowing hose of the tested series is extended by 50%. After the expiration of this service life time new test are carried out for the already exploited products. On the basis of the obtained results a decision for further increase of the service life-time test.

Table 2. Results of the specimen of the material of the fuel hoses 220.6100.0470.00.

Indicators	Test results	Requirements for technical conditions
Tensile strength, MPa	12,8	over 11
Relative extension, %	220	over 160
Residual extension, %	1,0	under 8
Shore hardness, HS	72	from 72 to 79
Aging coefficient	0,91	over 0,6
Mass change after impact of aviation fuel at 20°C/24 h, %	6,75	from 0 to 12
Temperature of crushing, °C	at–55 doesn't crush	under –50

An example of the application methodology is the study of lengthening the time elapsed service life of the rubber tanks for plane L-39ZA, exploited for the time of the service life, strictly according to the operational and technical documentation. The economic analysis shows an extremely high efficiency of this increase. The cost of extending the service life of the product (in Bulgaria condition) is much less than 0,1% of the value of a new product. The analysis of the statistics for these tanks shows a very high level of reliability and safety of flights ($\lambda = 0$, $A = 0$).

Table 3 summarizes the test results of material samples of two fuel tanks of this available. Tank №1 has an expired service life-time (10 years), and tank №2 is not used, preserved and stored in accordance with the operational and technical documentation of the one which has the necessary residual service life. It is seen that physical and mechanical indicators of the two tanks do not differ significantly. The exception is the tensile strength indicator, which has a higher scale of 30%. However, this is not essential because the rubber tanks are enclosed in the bodies of the planes.

By chemical composition the quantities of extractable substances differ substantially which is normal and does not determine the quality of the tanks in their operation.

Using tank №2 data as meeting requirements it can be concluded that the differences between the two tanks are relatively small. On the basis of the above it can also be

decided to double the service life-time i.e. 10 more years. In practice the service life was extended by 50%. Subsequently the service life was increased to 17 years, which is the value of a service life-time of the airplane as a whole. The same methodology was repeated several times and the service life of the soft fuel tank of MIG-21 BIS which reached 30 years at initially appointed 10 years.

Table 3. Test results of the sample of the fuel tank material of plane L-39ZA.

Indicators	Tanks	
	№1	№2
Tensile strength, kN/m on a basis	23,7	24,3
by weft	22,5	20,5
Relative elongation, % on a basis	18,4	14,2
by weft	17,0	17,0
Stretch resistance, kN/m on a basis	10,19	13,0
by weft	10,56	13,53
Change of indicators after aging at 70±2°C/144 h, %		
a) tensile strength on a basis	+ 2,95	+ 0,82
by weft	- 20,2	- 16,6
б) relative elongation, % on a basis	- 0,54	+ 4,22
by weft	- 19,4	- 23,5
Strain strength at 23±3°C/24 h, kN/m, after impact of aviation fuel with 3% fluid „И“	1,11 1,04	1,14 1,05
Mass change after impact of aviation fuel at 20°C/24 h, %	6,75	from 0 to 12
Mass change at 23±3°C/48 h, %, after impact of aviation gas with 3% fluid „И“	9,4 10,8	5,8 6,8
Type of polymer	nitrile rubber	
Amount of the extractable substances, %	1,1	12,6
Rubber content, %	50,3	55,4
Soot content, %	43,3	38,7
Content of inorganic fillers, %	6,4	5,9

This methodology is used to extend the service life-time of airplane MIG-21BIS fuel hoses, of anti-g and the height altitude suits of the pilots. The correctness of these decisions is confirmed by practice [8, 9].

The authors thank to the research sector of the Technical University of Sofia for the assistance in preparation and popularization of this publication by contract 172ПД0024-24.

References

1. A. Selikhov, V.Raikher, V.Leibov, G. Nesterenko, Experience in specifying/prolonging the airframe time limits, *International Symposium on structural integrity of aging airplanes*, Atlanta, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 409 (1991)
2. G. Nesterenko, Fatigue and damage tolerance of aging aircraft structures, *Proceedings of the FAA-NASA Symposium of the continued airworthiness of aircraft structures*, Atlanta, 1, 279 (1996)
3. G.Nesterenko, Ensuring damage tolerance of aging aircraft structures, *Proceedings of the Second joint NASA/FAA/DoD conference on aging aircraft*, Williamsburg, 163 (1998)
4. T.Swift, Fail-safe design requirements and features, regulatory requirements, *AIAA/ICAS International Air and Space Symposium and Exposition: The next 100 Years*, Dayton, 23 (2003)
5. U. Goranson, Damage tolerance. Facts and fiction., *17-th Symposium of the International Committee on Aeronautical Fatigue (ICAF)*, Stockholm, 53 (1993)
6. B.Nesterenko, G. Nesterenko, Analysis of requirements on fatigue and damage tolerance for civil transport airplanes, *26-th Symposium of the International Committee on Aeronautical Fatigue*, Montreal, 39 (2011)
7. D. Seyzinski, Analysing extension of service life of aircraft products in the past two decades, *Congress „Science, Education, Technologies“*, 342 (2012)
8. D. Seyzinski, Policy of service life of aircraft in operation in Bulgarian army in the last two decades, *Congress „Science, Education, Technologies“*, 334 (2012)
9. D. Seyzinski, S. Avramov, Military aviation equipment lifespan prolongation in economic crisis situation, *International Scientific Conference TECHSYS 2017*, II-305 (2017)

Експериментално изследване на вихровата следа на крило

Станимир Пенчев^{1,*} и Христиан Панайотов¹

¹Технически университет – София, филиал Пловдив, Катедра ТАТТ, България

Резюме. Представени са методиката и оборудването за изследване на скоростното поле в работната част на аеродинамичната тръба УЛАК-1. Измерванията се извършват с използване на петотворна скоростомерна тръба в равнина, разположена зад обекта на изследване. Резултатите от експерименталното изследване се използват за получаване на скоростното поле, полето на пълното налягане, положението и характеристиките на крайните вихри. Представени са данни за течението в следата на крилото при два различни ъгли на атака а също и при различна гъстота на измервателната мрежа.

1 Увод

Експериментите в аеродинамична тръба са от съществено значение при създаването на нови и модернизирането на съществуващи летателни апарати. Разпределението на скоростта и налягането по повърхността или в областта около обекта на изследване дават възможност за оценка на течението и получаване на разпределени и интегрални аеродинамични характеристики [1]. Съществуват методи, основани на запазването на количеството на движението, които позволяват да се получат подемната сила, силата на челното съпротивление и неговите съставлящи при несвиваемо течение [2]. За това е необходимо да се измерят проекциите на скоростта и изменението на пълното налягане в следата. Тези данни могат да се използват и за изследване на формирането, развитието и геометрията на вихровата следа и системата от крайни вихри [3,4].

За измерване на големината и направлението на скоростта на въздушния поток в нискоскоростните аеродинамични тръби се използват приемници за налягане със сферична (или конична) челна част и няколко отвора. Петотворната скоростомерна тръба позволява едновременно да се измерват ъглите на отклонение на течението във вертикална и хоризонтална равнини, както и динамичното налягане. Тези величини се получават от относителното изменение на статичните налягания в отворите на приемника [5,6].

Целта на изследването е експериментално определяне на параметри на течението (налягане, скорост) в работната част на нискоскоростна аеродинамична тръба и получаване на скоростното поле в следата на модел на крило. Извършва се преместване на приемник за налягане по зададен контур, в равнина перпендикулярна на несмутеното течение и се отчитат позицията и стойностите на измерените величини. След обработка на получените данни се определят

скоростното поле и характеристиките на вихровата следа.

2 Методика и оборудване

Изследванията, представени в настоящата работа, са проведени в аеродинамичната лаборатория към катедра ТАТТ на ТУ-София филиал Пловдив. Аеродинамичната тръба УТ-1 има открита работна част с правоъгълно напречно сечение и дължина 1000 mm, размери на изходното сечение на дюзата 600×400 mm и максимална скорост на течението 50 m/s.

За преместване и позициониране на скоростомерната тръба в равнина зад модела (Фиг. 1) и отчитане на положението и стойностите на налягането е разработена специализирана система [7].



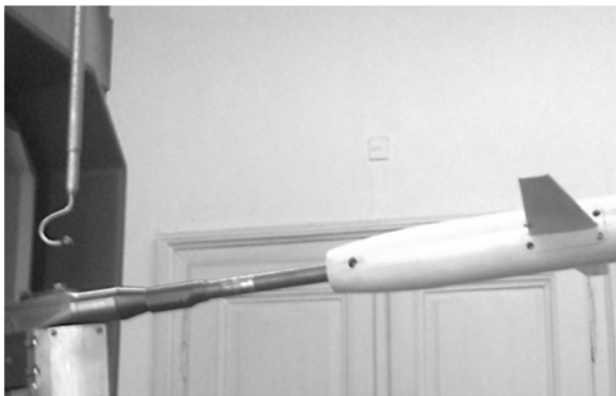
Фиг. 1. Взаимно положението на модела и равнината на измерване.

Един от основните елементи, които включва лабораторната уредба, е двукоординатен стенд за преместване и позициониране на пространствена петотворна скоростомерна тръба (Фиг. 2), който е оборудван със сервозадвижване на базата на стъпкови двигатели и CNC управление. Равнината на преместване е перпендикулярна на направлението на несмутеното течение. В състава на системата влизат още: модул за определяне на пълното налягане, скоростта

* Corresponding author: spenchev@tu-plovdiv.bg

и ъглите на отклонение на течението с използване на пространствена скоростомерна тръба и 5 датчика за диференциално налягане; измервателна и управляваща апаратура, базирана на персонален компютър и модули NIcDAQ-9174, NI9237, NIUSB-6211. За автоматизация на измерванията е създаден специализиран софтуер за обработка на резултатите от измерванията в средата на LabView.

Моделът е окачен към механизъм за позициониране (α - β механизъм), с който се променя положението му спрямо течението (фиг.2). Координатната система, представена на Фиг. 1, е с ос x , съвпадаща с оста на тялото на модела (при нулеви ъгли на атака и плъзгане), ос y , която е насочена нагоре във вертикалната равнина и ос z – по посока на лявото полукрило. При представяне на резултатите е необходимо да се преизчислят стойностите на координатите за тази система на отчитане.



Фиг. 2. Разположение на модела и скоростомерната тръба в работната част.

В системата е използвана пространствена скоростомерна тръба със сферична глава с диаметър 3,5 mm и пет отвора за налягане. Този приемник има един централен отвор p_1 , два странични във вертикална равнина (p_2, p_3) и два странични в хоризонтална равнина (p_4, p_5). Конструктивният ъгъл на страничните отвори е 45° . За получаване на проекциите на скоростта V_x, V_y, V_z , е необходимо да се извърши тарирание на приемника за налягане. То се състои в получаване на функциите на коефициентите на налягане от местните ъгли на обтичане α и β , съответно в хоризонталната и вертикалната равнини (Фиг. 3).

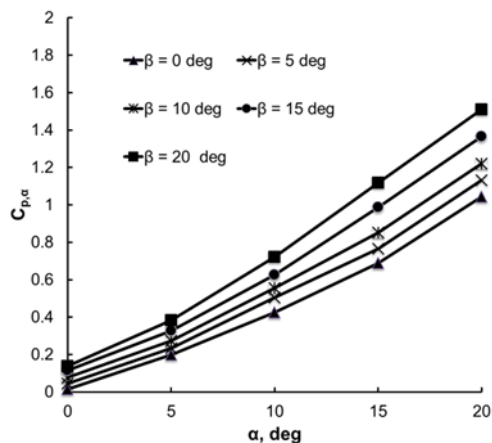
Тези коефициенти се пресмятат от зависимостите [8]:

$$C_{p,\alpha} = \frac{p_2 - p_3}{p_1 - \bar{p}} = f(\alpha, \beta); \quad (1)$$

$$C_{p,\beta} = \frac{p_4 - p_5}{p_1 - \bar{p}} = f(\alpha, \beta); \quad (2)$$

$$C_{p,tot} = \frac{p_1 - p_{tot}}{p_1 - \bar{p}} = f(\alpha, \beta); \quad (3)$$

$$C_{p,st} = \frac{p_2 - p_{st}}{p_1 - \bar{p}} = f(\alpha, \beta). \quad (4)$$



Фиг. 3. Тарировъчна характеристика на петотворна скоростомерна тръба.

В зависимостите (1) – (4) p_{tot} и p_{st} са стойностите на пълното и статичното налягане на несмутеното течение, а \bar{p} – средноаритметичната стойност на наляганията $p_2 - p_5$. При наличие на тези данни, местните ъгли на течението α и β се определят от стойностите на коефициентите на налягане $C_{p,\alpha}$ и $C_{p,\beta}$. Скоростта на течението се определя от зависимостта

$$V = \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_1 - \bar{p}) (1 - C_{p,tot} + C_{p,st})}, \quad (5)$$

където ρ е плътността на въздушното течение.

Проекциите на скоростта по осите на координатната система се пресмятат по следния начин:

$$V_x = V \cos \alpha \cos \beta; \quad (6)$$

$$V_y = V \sin \alpha \cos \beta; \quad (7)$$

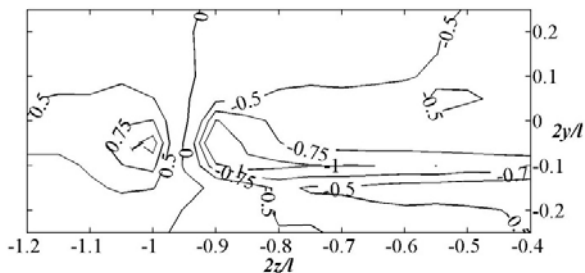
$$V_z = V \sin \beta. \quad (8)$$

3 Резултати

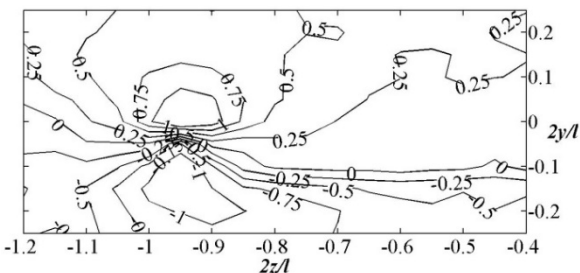
Изследвано е течението в следата на модел на трапецовидно право крило с разпереност $l = 400$ mm, стеснение $\eta = 2$, средна геометрична хорда 50 mm, профил на сечението NACA0012. Моделът е изработен от две части – конзоли, които са закрепени към цилиндрично тяло с диаметър 56,5 mm.

Изследванията са извършени при скорост на несмутеното течение 20 m/s и два ъгъла на атака на модела – $\alpha = 6^\circ$ и $\alpha = 10^\circ$. Равнината на измерване е разположена на 6,5 хорди от изходящия ръб на крайното сечение и е ограничена в следата на дясното полукрило. Стъпката на измерване е 10 mm. Резултатите за скоростното поле са представени в зависимост от относителните координати. За характерен линеен размер е използвана полуразпереността на модела $l/2$.

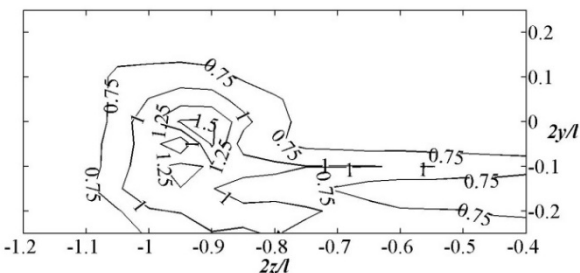
На следващите графики резултатите са представени чрез контурни линии, които позволяват да се онагледят зоните на промяна на знака на вертикалната и хоризонталната проекции на скоростта, а също и тези с повишени стойности на пълната проекция на скоростта в равнината на измерване. На Фигури 4, 5 и 6 са показани резултатите за ъгъл на атака 6° .



Фиг. 4. Разпределение на вертикалната проекция V_y в следата при $\alpha = 6^\circ$.

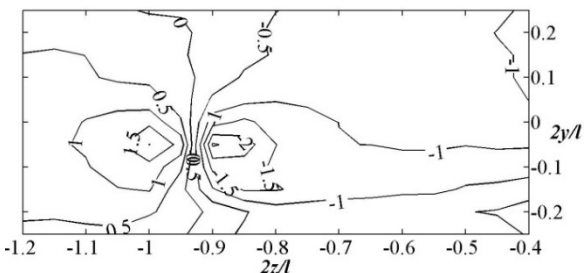


Фиг. 5. Разпределение на хоризонталната проекция V_z в следата при $\alpha = 6^\circ$.

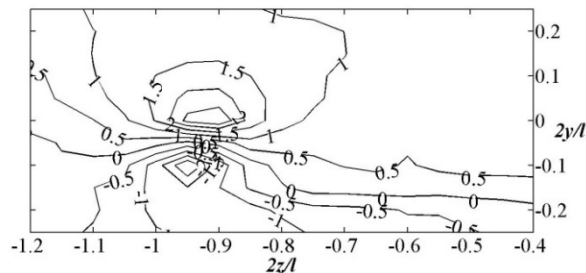


Фиг. 6. Разпределение на проекцията на скоростта в равнината на измерване при $\alpha = 6^\circ$.

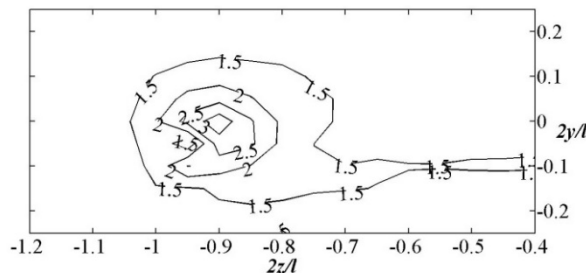
На следващите фигури са представени данните, получени за скоростното поле при ъгъл на атака 10° . При този експеримент ясно е очертана зоната на следата зад крилото (Фигури 7 и 8), а също и формирания краен вихър. Стойностите на проекциите на скоростта са по-високи и достигат 3 m/s (Фиг. 9). Това позволява да се определи положението на крайния вихър и да се намали зоната на изследване за уточняване на характеристиките му. На Фиг. 10 са показани резултатите от ново измерване след такава процедура. Вижда се ядрото на вихъра с намаляваща скорост. Намалената стъпка на отчитане позволява да се изследва изменението на скоростта в тази зона.



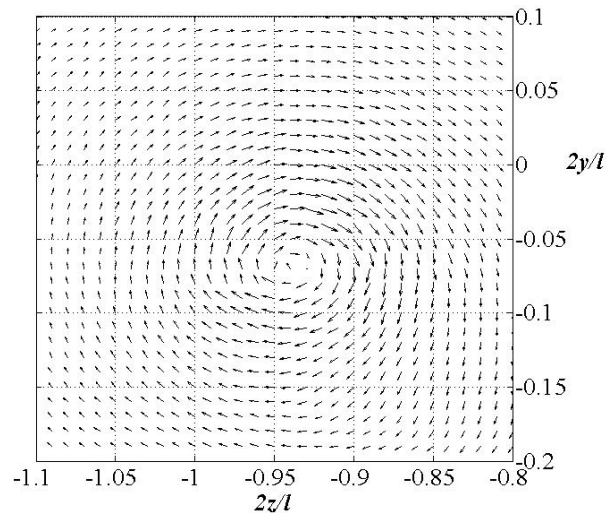
Фиг. 7. Разпределение на вертикалната проекция V_y в следата при $\alpha = 10^\circ$.



Фиг. 8. Разпределение на хоризонталната проекция V_z в следата при $\alpha = 10^\circ$.



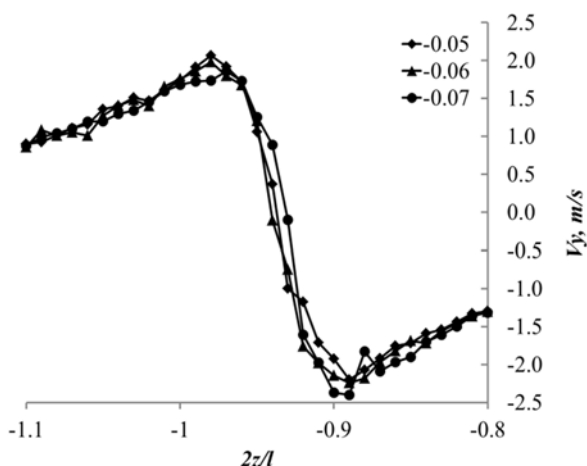
Фиг. 9. Разпределение на проекцията на скоростта в равнината на измерване при $\alpha = 10^\circ$.



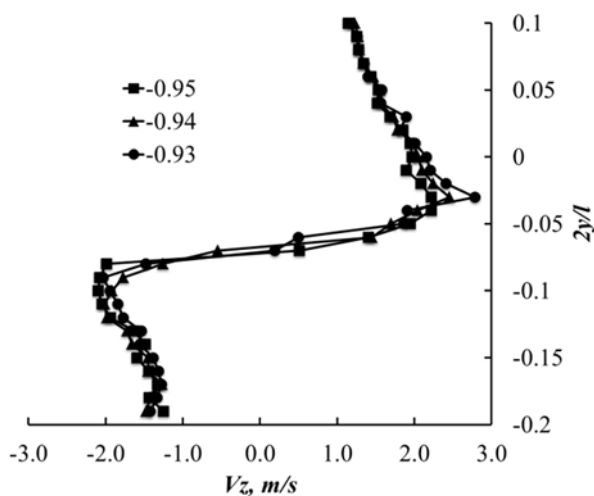
Фиг. 10. Векторно поле на скоростта при $\alpha = 10^\circ$ и стъпка на измерване 2 mm .

Центърът на вихровата област е с приблизителни координати $(-0,95; -0,05)$. На фиг.11 е представено изменение на вертикалната проекция на скоростта при три стойности на координатата $2y/l$, която е параметър за кривите, а на Фиг. 12 – изменение на хоризонталната проекция на скоростта при три стойности на координатата $2z/l$.

Данните, представени на тези диаграми, позволяват да се уточни положението на центъра на крайния вихър и да се получи приблизителна стойност за диаметъра, който е в рамките на $18\text{-}20 \text{ mm}$. За точна оценка е необходимо да се извърши допълнителна числена обработка.



Фиг. 11. Разпределение на вертикалната проекция V_y в крайния вихър.



Фиг. 12. Разпределение на хоризонталната проекция V_z в крайния вихър.

4 Заключение

Резултатите от проведеното изследване могат да се използват за получаване на формата и разположението на вихровата следа, положението на центъра на ядрото и радиуса на крайния вихър, и неговата интензивност. Те могат да послужат за сравнение с резултатите от числен експеримент и проверка адекватността на определен математичен модел за описване на течението, както и при определяне на аеродинамични характеристики на изследвания модел.

Литература

1. J. Barlow, W. Rae, A. Pope, *Low-speed wind tunnel testing*, John Wiley & Sons, (1999)
2. M. Giles, R. Cummings, Wake integration for three-dimensional flowfield computations: theoretical development, *Journal of aircraft*, **36**, 357-365, (1999)
3. G. Lombardi, P. Skinner, Wing-tip vortex in near field: an experimental study, *Journal of aircraft*, **42**, 1366-1368, (2005)

4. D. Birch, T. Lee, F. Mokhtarian, F. Kafyeke, Structure and induced drag of a tip vortex, *Journal of aircraft*, **41**, 1138-1145, (2004)
5. J. Diebold, M. Bragg, Study of a swept wing with leading-edge ice using a wake survey technique, *AIAA* 2013-0245, (2013)
6. M. Kashitani, Y. Yamaguchi, S. Fuchigami, S. Yamada, Preliminary study on flat-plate wing with sweptback utilizing wake measurements, *AIAA* 2010-686, (2010)
7. С. Пенчев, Система за измерване на параметри на течението в аеродинамична тръба, *Сб. доклади на VI национална научна конференция за студенти, докторанти и млади учени*, Пловдив, 105-110, (2015)
8. C. Lee, N. Wood, Calibration and data reduction for a five-hole probe, *JIAA TR-73*, Stanford, (1986)

Experimental study of wing vortex wake characteristics

Stanimir Penchev¹ and Hristian Panayotov¹

¹Technical University – Sofia, Branch Plovdiv, Department of Transport and Aircraft Equipment and Technologies, Bulgaria

Abstract: The methodology and equipment for the study of the velocity flow field in open test section subsonic wind tunnel ULAK-1 are presented. The measurements are performed using five-hole probe which is located in a cross plane behind the model wing. Experimental data are used to obtain the results for pressure and velocity fields, and also the position and characteristics of tip vortex. Studies of characteristics of wing vortex wake at two different angles of attack and grids steps are obtained.

Методика и апаратура за получаване характеристиките на кормилен хидравличен демпфер

Евгени Соколов^{1,*}

¹Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“, Технически университет - София, България

Резюме: В работата е представен метод на изпитване на кормилни хидравлични демпфери. Описано е тяхното приложение, конструкция и принцип на работа. За получаване на работните диаграми и характеристики на кормилните демпфери, се използва специализирано оборудване за изпитване.

1 Въведение

Демпферите на трептения, каквито са и кормилните демпфери намират широко приложение в транспортните средства. Те се използват в:

- монтажа на двигателя за намаляване на вибрациите предавани към купето на автомобила причинени от двигателя и трансмисията;
- опъващата система на пистовите ремъци на двигателя за намаляване на трептенията и осигуряване на гладко движение в системата;
- инерционната спирачка на ремаркета и платформи за свеждане до минимум пиковите на спирачната сила, като по този начин се предотвратява блокирането на колелата;
- седалката на водача за намаляване на вредните трептения водещи до умора у водача;
- кормилната уредба за намаляване трептенията на кормилното колело и случайното завъртане на предните колела [1].

Курсовата устойчивост на автомобила е експлоатационно свойство, което му осигурява запазване траекторията на движение или нейното възстановяване, след възникване на силово въздействие в странично направление (страничен вятър, неравности по пътя, завъртане на кормилното колело и др.) [2].

За подобряване на курсовата устойчивост се прилагат редица конструктивни решения, едно от които е чрез вграждане на демпфер в кормилната уредба.

Кормилният демпфер компенсира натоваарванията от удари и предотвратява трептенията на кормилното колело. По този начин се увеличава комфорта и безопасността на управление на автомобила. Той трябва да демпфира (намалява) ударните моменти около вертикалната ос на предните колела с еднаква коравина в целия диапазон на хода, като не намалява лекотата на управление на автомобила. При неочаквана поява на различни по големина странични и надлъжни сили върху лявото и дясното предно колело кормилният демпфер трябва да предотврати тяхното

завъртане, а възникващите високи скорости на буталото пораждат големи съпротивителни сили в него, които гасят трептенията.

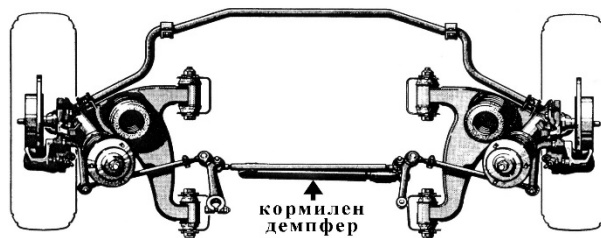
Кормилният демпфер също спомага за предотвратяване на възникващите при определени условия самовъзбуждащи се трептения на управляемите колела наречени шими [3, 4, 5, 6].

Целта на настоящата работа е да се създаде методика и да се получат работни диаграми и характеристики на кормилен демпфер, които могат да бъдат използвани за целите на моделирането на кормилната уредба и автомобила.

2 Изложение

2.1. Обект на изследването

Обект на изследването са кормилни хидравлични демпфери за средно литражен автомобил тип седан на марката Мерцедес-Бенц. На Фиг. 1 е показано местоположението на изследваните кормилни демпфери.



Фиг. 1. Местоположение на изследваните кормилни демпфери [4].

Изследвани са два демпфера от един и същи тип за този автомобил, които са показани на Фиг. 2. Единият е за първоначално вграждане в автомобила (Фиг. 2а), а другия е на алтернативен производител (Фиг. 2б). Кормилният хидравличен демпфер е без налягане,

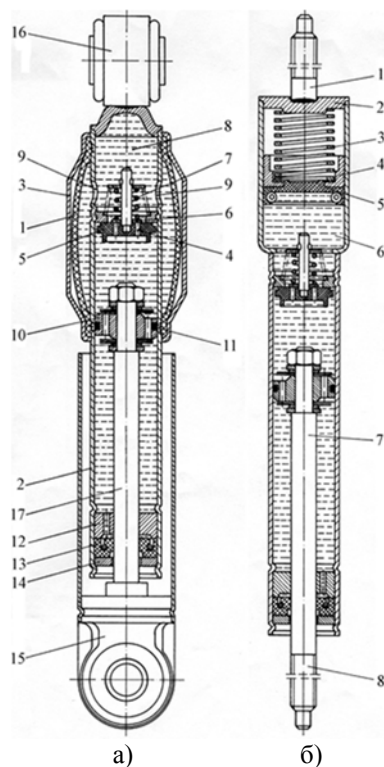
* Corresponding author: evg_sok@tu-sofia.bg

поради което няма изтласкваща и издърпваща сила. Той има директно моментално демпфиране. Силите на съпротивление по време на свиване и разтягане трябва да са равни и да достигат големи стойности дори при ниски скорости на буталото. Конструкцията му е едно тръбна с компенсираща камера.



Фиг. 2. Общ вид на изследваните кормилни демпфери.

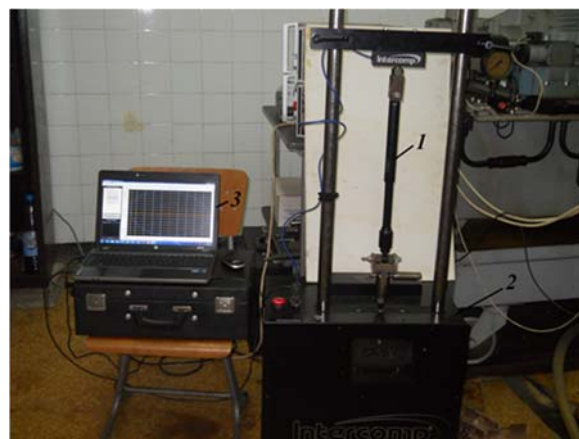
На Фиг. 3а е представена конструкцията на изпитваните кормилни демпфери, която е една от най-често срещаните. Двата края на еластичната тръба 1 са фиксирани към цилиндъра 2 чрез свиване на краищата на защитната тръба 3. За да се подобри надеждността на херметизация и предотвратяване на движението на еластичната тръба в зоната на фиксиране върху цилиндъра 2 са направени канали. В хода на свиване, когато буталния прът 17 се придвижи, маслото протича през двата отвора 4 в корпуса на клапана 5, повдигайки клапанната клапа 6, върху която действа пружината 7 и преминава в междинната камера 8. Компенсиращата камера се формира от кухината между еластичната тръба 1 и защитната тръба 3. Когато маслото се изпомпва от междинната камера 8 през отворите 9, еластичната тръба 1 се разширява. Противоположно в бутало 10 са разположени два еднопосочни клапана, които действат при свиване и разтягане. Буталото е уплътнено към цилиндъра 2 чрез пръстена 11. В края на цилиндъра водачът 12 на пръта 17, уплътнението 13 и опорния диск 14 се фиксират между две свивания на тръбата 2. Надлъжният отвор във водачът е за изравняване на налягането. Закрепването на кормилния демпфер се извършва посредством шарнирните уши 15 и 16. При тази конструкция кормилният демпфер трябва да бъде колкото е възможно по къс, което почти не зависи от хода. За увеличаването на хода се изисква удължаване на еластичната тръба 1 и на защитната тръба 3. Удължаването на тръбата 3 понякога е нежелателно поради липса на пространство. По рационално в такива случаи е да се използва конструкцията показана на фигура 3б. Тя е със същите функционални части. Компенсиращата камера 6 е надлъжна с разделяща втулка 5, разположена е в края на цилиндъра и има увеличен диаметър в сравнение с него. В хода на свиване на пръта 7, разделящата втулка се премества преодолявайки силата на пружината 3. Коравината на тази пружина се изчислява така, че при малко налягане в камерата 6 прътът 7 не се изтласква. Положението на разделящата втулка в цилиндъра се фиксира от водача 4. За монтиране на кормилния демпфер има резбови шпилки 1 и 8, едната от които е заварена към капака 2 на цилиндъра [3, 4].



Фиг. 3. Конструкции на кормилни хидравлични демпфери.

2.2 Методика и апаратура

Апаратурата, използвана за получаване на характеристиките и работните диаграми на кормилните демпфери, е специализиран стенд за изпитване на демпфери намиращ се в лаборатория „Динамика на автомобила, трактора и кара“ в катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“ при ТУ-София. Стенда е Intercomp®, модел Shock Dyno – Hi Speed показан на Фиг. 4. Движението на буталото на кормилния демпфер монтиран върху стенда за изпитване се извършва по точен синусоидален закон, осигурен от задвижващия кулисен механизъм с праволинейна кулиса на стенда [7, 8].



Фиг. 4. Апаратура за изпитване на хидравлични кормилни демпфери: 1. Кормилен демпфер; 2. Стенд за изпитване на демпфери; 3. Преносим компютър.

Фабрично стендът е окомплектован с възприемател за преместване, с възприемател за сила, с термодвойка, с устройство за събиране на данни на фирмата National Instruments® тип USB-6009 DAQ и с преносим компютър с инсталиран специализиран софтуер на фирма Intercomp® за запис и визуализация на характеристиките на изпитваният кормилен демпфер. Законите за пътя, за скоростта и ускорението на относителното преместване на буталото на кормилния демпфер спрямо цилиндъра му в аналитичен вид са следните:

$$z = z_0 \sin \omega t; \quad (1)$$

$$v = \dot{z} = \omega z_0 \cos \omega t; \quad (2)$$

$$a = \ddot{z} = -\omega^2 z_0 \sin \omega t. \quad (3)$$

Амплитудата на скоростта е:

$$v_0 = \omega z_0 = 2\pi f z_0, \quad (4)$$

където z_0 е амплитуда на преместване на буталото спрямо цилиндъра на демпфера, m; ω – кръгова честота, rad/s; f – честота, Hz.

Методика на експеримента:

1. Долното монтажno приспособление на стенда се премества в долно мъртво положение чрез софтуерна команда.

2. Кормилния демпфер се разпъва до крайно положение и след това се свива около 3 cm (за да се избегне изчерпването на хода по време на експеримента).

3. Кормилния демпфер се монтира към долното и горното монтажno приспособление.

4. Избира се режим на изпитване (серия от различни скорости при избран постоянен ход).

5. Кормилния демпфер се загрява до работна температура по някои от следните начина – работа до достигане на определена температура, отчитана от термодвойка поставена на тялото на кормилния демпфер или работа за определено време с избрана честота.

6. Стенда се стартира в режим на изпитване.

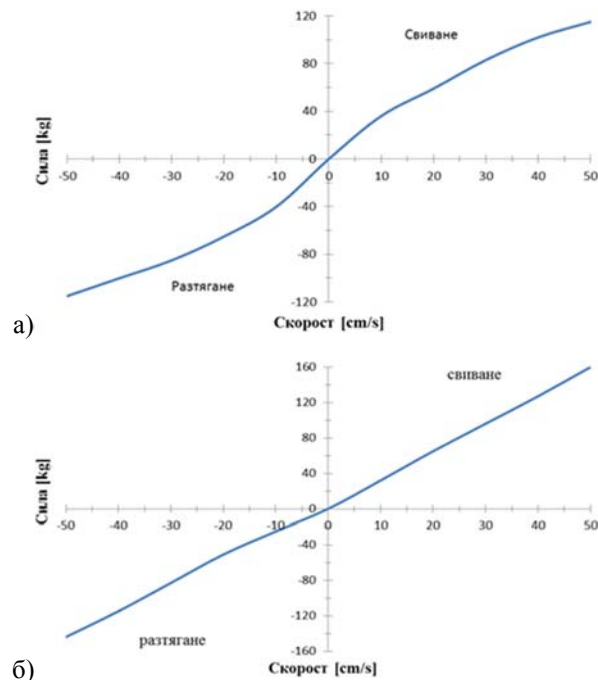
7. След спиране на стенда получените резултати се записват и точки от 4 до 7 се повтарят.

2.3. Получени резултати

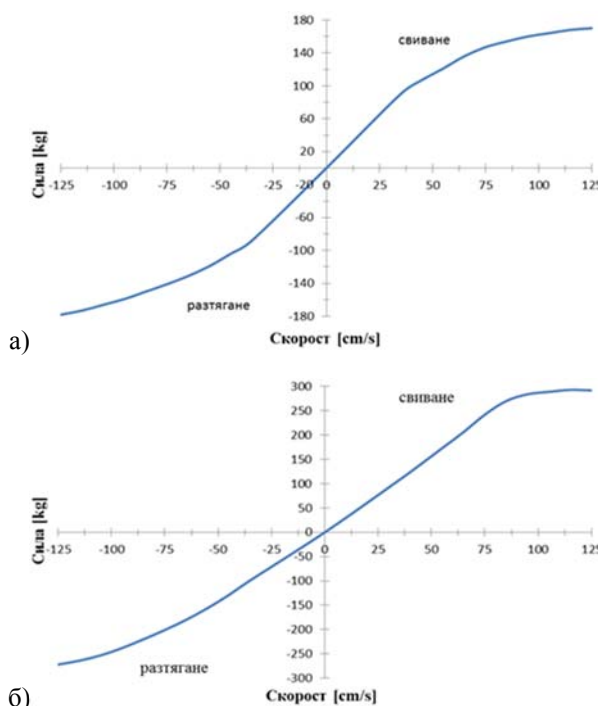
Получените характеристики на изследваните кормилни демпфери при избран ход на буталото $\pm 2,5$ cm и скорост изменяща се през 10 cm/s в интервала от 10 cm/s до 50 cm/s са показани на фигура Фиг. 5. На Фиг. 5a са на демпфера за първоначално вграждане, а на Фиг. 5b на демпфера на алтернативен производител.

На Фиг. 6 са показани получените характеристики при избран ход на буталото $\pm 2,5$ cm и скорост изменяща се през 10 cm/s в интервала от 35 cm/s до 125 cm/s. По абсцисната ос на характеристиките е нанесена скоростта на относителното преместване на буталото на кормилния демпфер спрямо цилиндъра

му. По ординатната ос с положителен знак е нанесена силата, създавана от демпфера при свиване, а с отрицателен знак силата при разтягане.



Фиг. 5. Характеристики на кормилен демпфер за скорост от 10 cm/s до 50 cm/s: а) демпфер за първоначално вграждане; б) демпфер на алтернативен производител.

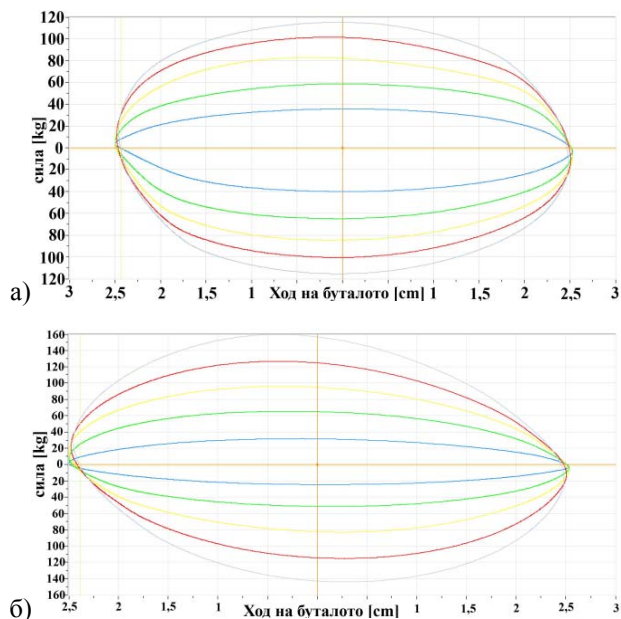


Фиг. 6. Характеристики на кормилен демпфер за скорост от 35 cm/s до 125 cm/s: а) демпфер за първоначално вграждане; б) демпфер на алтернативен производител.

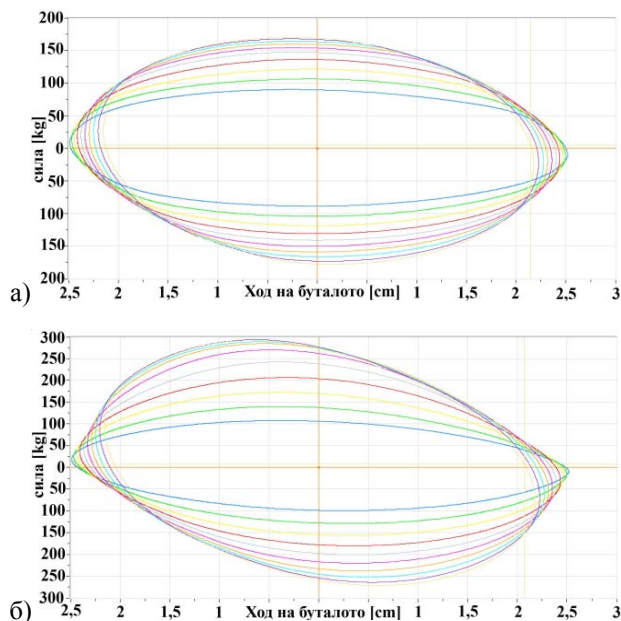
От характеристиките се вижда, че при ниски скорости на преместване на буталото в интервала от 10 cm/s до 35 cm/s силата, създавана от кормилния демпфер за първоначално вграждане, е по голяма.

В интервала от 35 cm/s до 125 cm/s силата, създавана от демпфера на алтернативния производител е значително по голяма. В целия интервал на изменение на скоростта от 10 cm/s до 125 cm/s кормилният демпфер на алтернативния производител има ясно изразена несиметрия на създаваната сила при свиване спрямо тази при разтягане.

Получените работни диаграми на изследваните кормилни хидравлични демпфери при избран ход на буталото ± 2,5 cm и скорост изменяща се през 10 cm/s в интервала от 10 cm/s до 50 cm/s са показани на Фиг. 7.



Фиг. 7. Работни диаграми на кормилен демпфер за скорост от 10 cm/s до 50 cm/s: а) демпфер за първоначално вграждане; б) демпфер на алтернативен производител.



Фиг. 8. Работни диаграми на кормилен демпфер за скорост от 35 cm/s до 125 cm/s: а) демпфер за първоначално вграждане; б) демпфер на алтернативен производител.

На Фиг. 8 са показани получените работни диаграми при избран ход на буталото ± 2,5 cm и скорост изменяща се през 10 cm/s в интервала от 35 cm/s до 125 cm/s

Коефициентът на съпротивление на кормилния демпфер β е равен на средноаритметичната стойност на съпротивителната сила F_{cp} върху скоростта на преместване на буталото:

$$\beta = \frac{F_{cp}}{v}; \tag{5}$$

$$F_{cp} = \frac{F_{св} + F_{раз}}{2}, \tag{6}$$

където $F_{св}$ е силата на съпротивление на кормилния демпфер при свиване; $F_{раз}$ – силата на съпротивление на кормилния демпфер при разтягане.

Коефициентът на асиметрия на кормилния демпфер е

$$k = \frac{F_{раз}}{F_{св}}. \tag{7}$$

В Таблицы 1 и 2 са дадени определените коефициенти на съпротивление и коефициенти на асиметрия на кормилният хидравличен демпфер за първоначално вграждане при различни скорости на буталото.

Таблица 1. Коефициенти на демпфер за първоначално вграждане за скорост от 10 cm/s до 50 cm/s.

v, cm/s	F_{cp} , kg	β	k
10	38	230	1,111111
20	62	252,5	1,101695
30	84	280	1,024096
40	101	310	0,980392
50	115	380	1

Таблица 2. Коефициенти на демпфер за първоначално вграждане за скорост от 35 cm/s до 125 cm/s.

v, cm/s	F_{cp} , kg	β	k
35	89	254,2857	0,977778
45	105,5	234,4444	0,971963
55	120	218,1818	0,983471
65	133,5	205,3846	0,963235
75	144	192	0,959184
85	152	178,8235	0,974026
95	159,5	167,8947	0,99375
105	165	157,1429	1,012195
115	170,5	148,2609	1,029762
125	174	139,2	1,047059

В Таблицы 3 и 4 са дадени определените коефициенти на съпротивление и коефициенти на асиметрия на кормилният хидравличен демпфер на алтернативен производител при различни скорости на буталото.

Таблица 3. Коэффициенты на демпфер на алтернативен производител за скорост от 10 cm/s до 50 cm/s.

v , cm/s	F_{cp} , kg	β	k
10	28,5	285	0,78125
20	58	290	0,784615
30	89,5	298,3333	0,864583
40	121	302,5	0,905512
50	152	304	0,9

Таблица 4. Коэффициенты на демпфер на алтернативен производител за скорост от 35 cm/s до 125 cm/s.

v , cm/s	F_{cp} , kg	β	k
35	103,5	295,7143	0,916667
45	134,5	298,8889	0,921429
55	164,5	299,0909	0,901734
65	193	296,9231	0,873786
75	221,5	295,3333	0,830579
85	245	288,2353	0,814815
95	261	274,7368	0,838028
105	271	258,0952	0,875433
115	278,5	242,1739	0,901024
125	282	225,6	0,931507

3 Заключение

Представената методика дава възможност за получаване на работни диаграми и характеристики на кормилни хидравлични демпфери. Получените характеристики могат да бъдат използвани при съставяне на модели на автомобилно кормилно управление с цел повишаване на комфорта и безопасността на управление.

Литература

1. В. Heiβing, М. Ersoy, *Chassis Handbook*, Vieweg+ Teubner Verlag, Springer, (2011)
2. Х. Изполдзийска, Н. Павлов, Л. Кунчев, Опитно определяне на курсовата устойчивост на автомобил, *Научни трудове на Русенския университет*, **51**(4), 78-82, (2012)
3. Й. Раймпел, *Шасси автомобиля: Рулевое управление*, Москва, Машиностроение, (1987)
4. J. Reimpell, H. Stoll, J. Betzler, *The automotive chassis: engineering principles*, Second edition, Butterworth-Heinemann, (2001)
5. А. Литвинов, Я. Фаробин, *Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств*, Москва, Машиностроение, (1989)
6. S. Dutta, S. Choi, Control of a shimmy vibration in vehicle steering system using a magneto-rheological damper, *Journal of Vibration and Control*, 1–11, August 30, (2016)

7. Н. Павлов, Методика и апаратура за получаване характеристиките на регулируеми хидравлични амортизъори, *ЕКО-ВАРНА*, 41-47, (2015)

8. N. Pavlov, Influence of the shock absorber temperature on the vehicle ride comfort and road holding, *BulTrans-2017*, (2017)

A method and test equipment for obtaining characteristics of steering hydraulic damper

Evgeni Sokolov¹

¹Department Combustion Engines, Automobile Engineering and Transport, Faculty of Transport, Technical University - Sofia, Bulgaria

Abstract: In the paper is presented a method of testing of steering hydraulic dampers. Their application, construction and principle of operation are described. To obtain the working diagrams and characteristics of the steering dampers, specialized testing equipment is used. Obtained from the test, working diagrams and characteristics are shown and analysed.

Възможности за увеличаване на работната площ при привличане на дървените материали към трактора

Станимир Стоилов^{1,*} и Тихомир Крумов¹

¹ Катедра „Технологии и механизация в горското стопанство“, Лесотехнически университет, София, България

Резюме: Изследвани са възможностите за увеличаване на работната площ при привличане на дървените материали към трактора за извозване до временния склад. Нарастването на работната площ и обема на товара може да се постигне чрез замяна на теглителните въжета на тракторната лебедка с такива с по-малък диаметър, но с по-висока номинална сила на разкъсване на теловете и близка по големина номинална сила на разкъсване на въжето. Максималното разстояние на привличане може да нарасне до 1,78 пъти, а работната площ - 3 пъти при използване на валцувани въжета, които имат удължена периодичност на мазане, по-ниска линейна маса, повишена устойчивост на износване и са много подходящи за лебедки на трактори и въжени линии в горското стопанство.

1 Въведение

Дърводобивът е важен икономически отрасъл на всяка една страна. Добивът на дървесина у нас е съсредоточен предимно в планинските и полупланински райони на нашата страна. Горските насаждения, разположени в тези райони, оказват значително въздействие върху околната среда.

Извозът на дървените материали от дърводобивните участъци (сечищата) до товарните пунктове или временните складове се осъществява предимно с колесни трактори, снабдени с въжена събирателна система в полунатоварено положение.

Транспортният процес на извозването на дървени материали с помощта на колесни трактори с въжена събирателна система се разделя на следните операции:

- движение от товарния пункт (временния склад) към сечището без товар;
- маневриране;
- формиране на курсовия товар;
- движение с курсовия товар от сечището до временния склад;
- разтоварване.

Въжената събирателна система се използва за прикачване на дървените материали, привличане към трактора и извозване с повдигнат преден край до временния склад.

Лебедките на специализираните трактори са с един или два гладки барабана, задвижвани хидравлично или от ВОМ. В зависимост от спецификата на теглителното въже, към него могат да се прикачат 1-5 стъбла.

Разнообразните производствени условия, в които се извършва добива на дървесина обуславят

сложността при формирането и извозването на товара (Фиг. 1).



Фиг. 1. Привличането на дървените материали с лебедката на специализирания колесен трактор.

Един от ефективните начини да се увеличи производителността на специализираните трактори е използване на по-дълги стоманени въжета за лебедката. Така се увеличава обхватът на привличане на дървените материали към трактора.

2 Теоретичен анализ

Обемът на дървесината, привлечена от една позиция на специализирания трактор, може да се запише така:

$$Q_{\text{поз}} = q_{\text{зап}} \cdot S \cdot i, \text{ m}^3, \quad (1)$$

където $q_{\text{зап}}$ е запасът на хектар на подотдела от насаждението, в което се провежда сечта, m^3/ha ; S - площта от сечището, която може да бъде обхваната с въжено-събирателната система на трактора от една

* Corresponding author: stoilovs@ltu.bg

позиция, ha; i - интензивността на сечта, изразена с дробно число.

Площта S , която може да бъде обхваната с въжено-събирателната система на трактора, представлява сектор от окръжност с радиус, равен на дължината на теглителното въже на лебедката (фиг. 2). За да не се наруши устойчивостта на специализирания трактор без използване на отклонителни ролки теглителното въже може да бъде отклонено под ъгъл с максимална големина 30° [2].

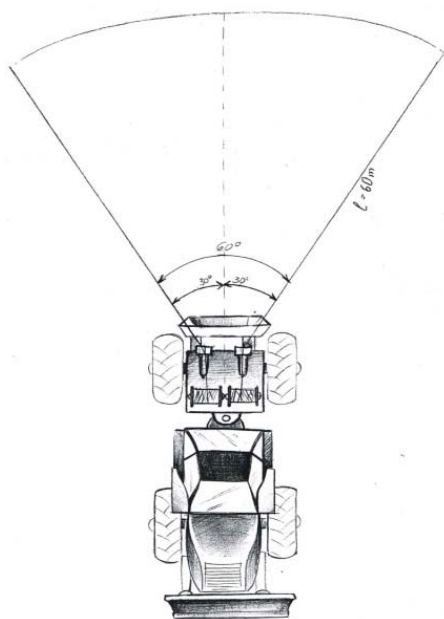
Площта S може да се изрази така:

$$S = \frac{0,0001 \cdot \pi \cdot \theta}{360} \cdot l_b^2, \text{ ha}, \quad (2)$$

където l_b е дължината на теглителното въже на тракторната лебедка, m; θ - големина на централния ъгъл на сектора.

След заместване на формула (2) в уравнение (1) за обема на дървесината, привлечена от едно позициониране на специализирания трактор, се получава израза

$$Q_{\text{поз}} = \frac{0,0001 \cdot q_{\text{зан}} \cdot \pi \cdot \theta \cdot i}{360} \cdot l_b^2, \text{ m}^3. \quad (3)$$



Фигура 2. Зона за привличането на дървените материали с лебедката на специализирания колесен трактор.

Обемът на дървесината, привлечена от една позиция на специализирания трактор, ще бъде максимален при големина на централния ъгъл на сектора $\theta = 2 \times 30^\circ = 60^\circ$. Следователно израза (3) придобива вида

$$Q_{\text{поз,max}} = \frac{0,0001 \cdot q_{\text{зан}} \cdot \pi \cdot i}{6} \cdot l_b^2, \text{ m}^3. \quad (4)$$

Въжепобираемостта на барабана се характеризира с дължината на въжето l_b , което може да се нареди на барабана. Въжепобираемостта на барабана зависи от диаметърът на ребордите D_p , диаметърът D_b и пълната дължина на барабана L_b , както и от диаметърът на въжето d_b . Определя се със следния израз [1, 3]:

$$l_b = \frac{\pi \cdot (D_p^2 - D_b^2) \cdot L_b}{4 \cdot d_b^2}, \quad (5)$$

където L_b е пълната дължина на барабана.

Следователно ако се намали диаметърта на навитото стоманено въже при непроменени други параметри, ще се увеличи дължината му и съгласно уравнения (2) и (4) ще нарасне обемът на дървесината, привлечена от едно позициониране на специализирания трактор.

Най-често използваните стоманени въжета при специализираните колесни трактори с въжена събирателна система са с номинална якост 1570 МПа (PS) и 1770 МПа (IPS), с конструкция 6x19 FC или 6x36 FC и номинален диаметър на въжето $d_b = 14-16$ mm с различна конструкция. Въжетата най-често са произведени от двуслойни снопчета с еднакъв брой, но с различни диаметри на теловете от всеки слой, които се означават "Seale" („Сийл“).

Тенденциите за подобряване на якостните показатели и удължаване на експлоатационния период на стоманените въжета са довели до разработката на т. н. валцувани въжета. Те са разработени за намаляване на претоварването и постигане на равномерно разпределение на натоварването в напречното сечение на въжето. Имат напълно кръгла форма и затворена повърхнина с повишена устойчивост на износване. Те поддържат висока степен на гъвкавост при по-висока номинална якост на теловете 1960 МПа (при обикновените стоманени въжета за лебедки и въжени линии съответно 1570 или 1770 МПа), неразсукващи се, с повишена якост и дълготрайност. По-голямата якост на валцуваните въжета позволява използването на такива с по-малък диаметър, но с близка якост на разкъсване на въжето.

3 Методика на изследването

Методиката на изследване се основава на сравнителен анализ на характеристиките на масово използваните понастоящем стоманени въжета с органична сърцевина (FC) и валцувани стоманени въжета (compacted wire rope). Използвани са данни от каталози на водещи фирми-производители на стоманени въжета [4, 5].

Данните за отделните стоманени въжета са сравнени по номинална сила на разкъсване на теловете, номинална сила на разкъсване на въжето, линейна маса, номинален диаметър.

С помощта на формула (5) е изчислена дължината на въжето от съответната конструкция диаметър, но при постоянен диаметър на ребордите D_p , диаметър на барабана D_b и пълна дължина на барабана L_b .

Обемът на дървесината, привлечена от една позиция на специализирания трактор $Q_{\text{поз,max}}$, m^3 , от която могат да бъдат привлечени дървените материали към трактора е изчислена по уравнение (4). Увеличението на работните площи в % при използване на въжета с различен диаметър са изчислени, като за база 100% е приета тази на стоманено въже тип Seale 6x19 FC с дължина 77 m.

Като пример разглеждаме двубарабанна лебедка с диаметър на всяко стоманено въже $d_b = 16$ mm, дължина $l_b = 77$ m, конструкция тип „Seale“ и номинална якост на разкъсване на теловете 1570 МПа. Номиналната теглителна сила на разглежданата лебедка е 70 kN.

4 Анализ на резултатите

Обемът на курсовия товар е ограничен от теглителните възможности на специализирания трактор. Поради това обемът на дървесината, която би могла да се привлече от една позиция, е възможно да бъде извозена с повече от един курс на трактора.

Ако се увеличи дължината на въжето, с лебедката ще се привлече към трактора значително по-голям обем дървесина. Това трябва да се осъществи, обаче, без да се променя оригиналната конструкция на лебедката. От формула (5) става ясно, че удължаване е осъществимо само ако се използва стоманено въже с по-малък диаметър d_b , но с близка по големина сила на разкъсване.

Анализът на данните в табл. 1 показва, че максималното разстояние на привличане може да нарасне до 1,78 пъти, а работната площ - 3 пъти при използване на валцувани въжета, които имат удължена периодичност на мазане, по-ниска линейна маса, повишена устойчивост на износване и са много подходящи за лебедки на трактори и въжени линии в горското стопанство.

Таблица 1. Характеристики на изследваните въжета.

Конструкция на въжето	Номинална сила на разкъсване на теловете	Номинална сила на разкъсване на въжето, kN	Линейна маса, kg/m	Номинален диаметър, d_b , mm	Дължина на въжето, l_b , m	Дължина, %	Работна площ, ha	Работна площ, %	Ориентираща цена, лв./m
Seale 6x19 FC	1570	133	0,95	16	77	100	0,31	100	4,70
Seale 6x19 FC	1770	132	0,84	15	88	114	0,41	130,6	5,30
Python 6 R+F	1960	163	0,88	13	116	151	0,70	227,0	7,50
Python 6 R+F	1960	141	0,76	12	137	178	0,98	316,6	6,95

Недостатък на валцуваните въжета е тяхната висока цена. Тя обаче може да се компенсира от нарастването на работната площ и привлечената към трактора дървесина, следствие от по-голямата дължина на въжето.

5 Заключение

Нарастването на работната площ, от която може да се привлечат дървени материали и обема на товара може да се постигне чрез замяна на теглителните въжета на тракторната лебедка с такива с по-малък диаметър, но с по-висока номинална сила на разкъсване на теловете и близка по големина номинална сила на разкъсване на въжето. Максималното разстояние на привличане може да нарасне до 1,78 пъти, а работната площ – 3 пъти при използване на валцувани въжета, които имат удължена периодичност на мазане, по-ниска линейна маса, повишена устойчивост на износване и са много подходящи за лебедки на трактори и въжени линии в горското стопанство.

Недостатък на валцуваните въжета е тяхната висока цена, но тя се компенсира от нарастването на площта от сечището, от която може да се привлече дървесина към трактора, поради по-голямата дължина на въжето.

Литература

1. К. Аспарухов, *Подемно-транспортни машини*, Техника, (1988)
2. К. Любенов, Д. Георгиев. *Правилник за здравословни и безопасни условия на труд в горите*, Държавна агенция по горите при Министерския съвет на Република България, (2007)
3. Ст. Стоилов, *Горски транспорт*. ИК при ЛТУ, (2017)
4. Стоманени въжета, стоманени и верижни сапани, полиестерни сапани, товаро-захватни съоръжения. Варна: Ариадна Инвест ООД, (2017)
5. Python high performance wire ropes. Product catalog. Hamm: Westfälische Drahtindustrie GmbH, (2015)

Possibilities to increase the working area at the extraction of timber materials to the skidder

Stanimir Stoilov¹ and Tihomir Krumov¹

¹ Dept. of Technologies and Mechanization in Forestry, University of Forestry, Sofia, Bulgaria;

Abstract: The paper deals with study of possibilities to increase the working area at the extraction (winching) of timber materials to the tractor to be skidded to the landing. The increase of the working area and the volume of the stem load can be achieved by replacing the steel cables of the tractor winch with those of a smaller diameter but with a higher nominal breaking force of the wires and a closer in value nominal breaking force of the steel rope.

The maximum extraction distance can increase to 1,78 times and the working area - about 3 times when using swage compacted ropes that have extended lubrication intervals, lower linear mass, increased wear resistance and are very suitable for winches on tractors and cable yarders in forest logging.

Изследване на комбиниран транспорт на дървесина от дунавските острови

Станимир Стоилов^{1,*}, Борислава Личева² и Тихомир Крумов³

¹ Катедра „Технологии и механизация в горското стопанство“, Лесотехнически университет, София, България

² Районна дирекция по горите, Русе, България

³ Катедра „Технологии и механизация в горското стопанство“, Лесотехнически университет, София, България

Резюме: В настоящата работа е изследван транспорта на дървесина от Дунавския остров Батин. Направена е сравнителна оценка на ефективността на два комбинирани варианта на сухопътен и речен транспорт на дървесина от остров Батин на база на основните технико-икономически показатели и разходите за единица товаротранспортна работа. Сравнени са разходите за единица товаротранспортна работа на двата варианта, като се оказва, че превозът при Вариант 2 е по-евтин, въпреки по-големите общи разходи, тъй като сменната производителност при този вариант е значително по-голяма от тази при Вариант 1. При Вариант 2 основната част от транспорта от пристан на остров Батин до пристан Русе се извършва със самоходен кораб на разстояние 35,5 km, чиито разходи за единица товаротранспортна работа са най-ниски.

1 Въведение

Един от начините за задоволяване на нарастналото потребление на дървесина от горските територии е чрез създаване, отглеждане и ползване на интензивни горски култури от бързорастящи видове, каквато е тополата. Типичните тополови месторастения, обаче, най-често са по поречието на реките, в ивицата дига-бряг и по островите по р. Дунав.

Транспортът на дървесина от островите на р. Дунав е сложен за изпълнение, защото се налага комбинация от няколко вида транспортни средства, вкл. воден транспорт [1]. Поради това е необходим аргументиран избор на най-ефективна транспортна система от Дунавските острови за транспортиране на дървесината по вода и суша.

От проведени изследвания [2] на остров Козлодуй оптималният вариант за транспорт на дървесина е по суша с товарен автомобил, а по вода – с транспортна баржа (сал), задвижвана от силата на водното течение и обслужвана от един работник. За условията на островите Скомен и Добрина икономически най-изгоден е вариантът на извоз с приспособени военни машини [2]. Такъв тип верижен транспортър има редица предимства в сравнение с другите средства за извоз – товари се директно на временния склад на острова, придвижва се по суша с верижния двигател, навлиза в реката с помощта на верижния двигател и винтовете, плава, движена от винтовете и отново с верижния двигател достига до временния склад на брега [1, 2].

От островите близо до брега при маловодие на р. Дунав е възможно дървените материали да се извозват през реката със специализиран сортиментен трактор от временния склад на острова до товарна площадка,

където се претоварват на специализирани седлови автовлакове за превоз до крайния потребител.

Настоящото изследване е насочено към сравнителна оценка на ефективността на два комбинирани варианта за транспорт на дървесината на база на основните технико-икономически показатели и разходите за единица товаротранспортна работа.

2 Методика на изследването

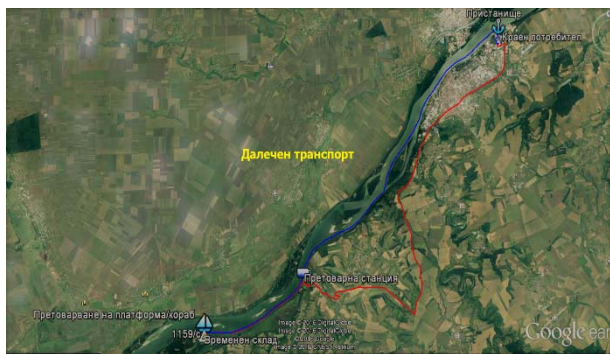
Експерименталното изследване е проведено на Дунавския остров Батин, който е част от територията на Държавно ловно стопанство „Дунав“ – Русе, в подотдели 1165-д, 1159-с и 1158-г. (Фиг. 1). Дървесният вид на транспортираните материали е топола.

Обект на изследването са специализирани сортиментни трактори John Deere 1510E, специализиран самоходен кораб, кораб-влекач с самоходна баржа и специализирани автовлакове.

Системите от транспортни машини условно са разделени на два варианта – Вариант 1 и Вариант 2.

Вариант 1 включва транспортиране на дървесина с двата сортиментни трактора от временния склад на остров Батин до пристан на същия остров, на който е разположен самоходен кораб (СК) с платформа, върху която сортиментните трактори се разтоварват (Фиг. 2). При последния курс тракторите се качват натоварени и остават там. Транспортирането на дървесина по вода от пристан Батин до пристан Стълпище се осъществява със самоходен кораб с прикачена към предната му част платформа, на която е натоварената дървесина, включително и двата сортиментни трактора с дървесина.

* Corresponding author: stoilovs@ltu.bg



Фиг. 1. Схема на транспорта от остров Батин.



Фиг. 2. Натоварване на платформата с дървесина от двата сортиментни трактора.

Разстоянието, изминато по вода, е 9,5 km. Транспортирането на дървесината от пристан Стълпище до претоварната рампа, където са разположени специализирани автовлакове, се осъществява по пътища без настилка със сортиментните трактори на средно разстояние 65 m, като за един курс на двата сортиментни трактора се натоварва един автовлак (Фиг. 3). Следва транспортиране на дървените материали до крайния потребител с автовлакове по пътища без настилка и асфалтирани пътища.



Фиг. 3. Пренатоварване на дървените материали от сортиментните трактори на автовлакове.

Вариант 2 обхваща транспортирането на дървесина с двата сортиментни трактора от временния склад на остров Батин до пристан на същия остров, на който е акостира самоходен кораб (Фиг. 4).

Двата сортиментни трактора се редуват при разтоварването на дървесината в кораба, докато корабът се натовари. Транспортирането на дървесина по водата от пристан Батин до пристан Русе се осъществява със

самоходния кораб на 35,5 km (Фиг. 4). По-нататък дървесината от кораба на пристан Русе се претоварва на товарни автомобили с помощта на портален кран. Пътят, който изминават те от пристана до крайния потребител, е 1 km.



Фиг. 4. Самоходен кораб в изчакване за товарене.

Рзходите при двата варианта са изчислени съгласно методиката на FAO [3] и Miyata [4].

3 Анализ на резултатите

Средните стойности на измерените и изчислени показатели са показани в Таблица 1.

При Вариант 1 най-голям дял от работния цикъл на сортиментния трактор на острова заема движението с товар (26%), а най-малък – на нулевия пробег. Най-голям дял от работния цикъл при сортиментния трактор, докато е на сушата, заема товаренето (32%), а най-малък – подготовката за товарене и подготовката за тръгване (3%).

Таблица 1. Средни стойности на показателите при двата варианта

Показател	Вариант 1	Вариант 2
Техническа скорост, km/h	34,92	14,38
Експлоатационна скорост, km/h	0,67	0,52
Коефициент за използване на товароносимостта	1,07	0,89
Общ пробег, km	95,29	73,87
Обем на дървесината за час, m ³ /h	100	109,5
Обем на дървесината за смяна, m ³ /мсм	800	876
Часова производителност, m ³ .km/h	738,50	1008,35
Сменна производителност, m ³ .km/мсм	5908	8067
Общи разходи, лв./h	259,75	277,56
Общи разходи, лв./мсм	2078,00	2220,48
Разходи за единица товаротранспортната работа, лв./ m ³ .km	0,35	0,28

За самоходния кораб с платформа най-голям дял от работния цикъл заема разтоварването (30%). Работата на седлови влекач със специализирано полуремарке се характеризира с това, че най-голям дял от работния цикъл заема движението с товар (41%), а най-малък – маневрирането и подготовката за товарене (2%).

При Вариант 2 за сортиментния трактор на острова най-голям дял от работния цикъл заема товаренето (25%), а най-малък – подготовката за товарене и подготовката за тръгване (3%). За самоходния кораб най-голям дял от работния цикъл заема движението без товар (30%), а най-малък – на маневрирането (0,5%). Най-голям дял от работния цикъл при влекач със специализирано полуремарке заема с товаренето (34%), а най-малък – подготовката за товарене и тръгване (3%).

Изчисленият коефициент за използване на товароносимостта при Вариант 2 е по-нисък от този при Вариант 1. При Вариант 1 се забелязва надвишаване със 7% на допустимата максимална маса на ППС [5].

Средната сменна производителност от 5908 m³.km/мсм при Вариант 1 е 1,5 пъти по-малка от тази при Вариант 2 (8067 m³.km/мсм).

Изчислените експлоатационни показатели при Вариант 1 са по-неблагоприятни: по-малки сменни разходи, по-малка сменна производителност, но по-високи разходи за единица товаротранспортна работа. Съответните показатели при Вариант 2 са по-добри, въпреки по-големите общи разходи. Това се дължи на по-голямата сменна производителност, поради което разходите за единица товаротранспортна работа са по-ниски. Транспортът по Вариант 2 е по-ефективен.

Използването и на двата варианта е сезонно, тъй като зависят от състоянието на река Дунав. При замръзване на реката и двата вида кораби не могат да се движат. Двата варианта също така зависят от пълноводието на река Дунав – при много високо равнище на водата островите са залети и дърводобивът, както и транспортът на дървесина от тях, са невъзможни. При Вариант 2, за разлика от Вариант 1, има затруднения, възникващи при ниското равнище на реката, тъй като самоходния кораб има минимално газене 2,55 m.

4 Заключение

При сравняване на разходите за единица товаротранспортна работа се оказва, че превозът при Вариант 2 е по-ефективен, въпреки по-големите общи разходи за превоз на дървесина, тъй като сменната производителност при Вариант 2 е значително по-голяма от тази при Вариант 1. При Вариант 2 основната част от транспорта от пристан о-в Батин до пристан Русе се извършва със самоходен кораб на разстояние 35,5 km, чиито разходи за единица товаротранспортна работа са най-ниски.

Литература

1. Ст. Стоилов, Горски транспорт. С.: ИК при ЛТУ, (2017)
2. D. Georgiev, S. Stoilov, G. Lozanov. Comparative analysis of three wood transport systems from Bulgarian Danube islands. Proceedings of "Integrated Logging Technologies", Trstena-Brezovica, Slovakia, 49-54, (2008)

3. Cost Control in Forest Harvesting and Road Construction. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, (1992)
4. E. Miyata, Determining fixed and operating costs of logging equipment. St. Paul, Minnesota: U.S. Department of Agriculture Forest Service, North Central Forest Experiment Station, General Technical Report NC-55, 16, (1980)
5. Наредба № 11 от 03.07.2001 г. за движение на извънгабаритни и тежки пътни превозни средства, издадена от министъра на регионалното развитие и благоустройството и обнародвана в ДВ, бр. 65 от 24.07.2001 г.

Study of combined timber transport from Danube river islands

Stanimir Stoilov¹, Borislava Licheva² and
Tihomir Krumov¹

¹ Dept. of Technologies and Mechanization in Forestry, University of Forestry, Sofia, Bulgaria;

² Regional Directorate of Forestry, Ruse, Bulgaria

Abstract: The paper deals with comparative evaluation of operational efficiency of two combined variants of timber transport from Danube River Batin Island, based on techno-economic parameters and costs per unit transport work. The costs per unit of Variant 2 are cheaper despite greater total costs due to higher shift productivity. For Variant 2, the biggest part of transport from the port of Batin Island to the port of Ruse is carried out on a self-propelled ship at a distance of 35,5 km, the costs per unit of which is the lower than that of truck timber transport.

Designing a micro-processor control block for electric traction with bi-operational semiconductor switch

Lyubomir Sekulov¹ and Martin Zlatkov^{1,*}

¹Todor Kableshkov University of Transport, Sofia, 1574, Str. "Geo Milev" 158, Bulgaria

Abstract: A considerable share of the electric transportation vehicles servicing the urban electric transport lines have a DC electric traction and impulse controls for their main modes of operation (traction and braking). A MAN trolleybus from the Trolleybus Depot using such controls was experimentally tested in real exploitation conditions. Its high-power traction was constructed with bi-operational semiconductor switches of the GTO-type. In the course of the testing, the fluctuation values of the main parameters of electric traction and the control system were identified within the established and borderline regimes of operation of the trolleybus, and were used as the baseline conditions for the design. The subject of this report is the design of a control block for a trolleybus with PWM controls of traction and braking forces. The control system works in traction mode through a specific algorithm and selectively chooses between recuperative and resistance braking of electric transportation vehicles. A key advantage to the existing solutions is the increased energy efficiency resulting from the new algorithm for the control of semiconductor switches in braking mode.

1 Introduction

The development of electric transport is extremely important for all European cities characterized by high population density. Electric transport is economical, comfortable for the urban environment and complies with the principles of environmental protection. The regularity of the share of electric transport in the performance of mass urban passenger transport is natural. The requirements for modern electric vehicles (EV) are related to comfort, reliability, environmental friendliness and, last but not least, to energy efficiency. It is determined by various factors that need to be used optimally and in a complex way. The main factor to meet the above requirements is the deployment and operation of new or upgraded EV's with a high degree Reliability and improved performance and energy performance in traction and braking.

The city of Sofia has the largest and most complex urban transport system in Bulgaria. The transport system of Sofia includes the following types of transport - tram, trolley, bus and metropolitan. As the main transport operator of the capital, in 2016 "Sofia Electricity Transport" EAD has transported over 190 000 000 passengers.

At present, the company "Metropolitan Electric Transport" operates different generations of trolley buses and tramcars with alternating and DC electric drives, where the power supply and regulation of the operation of

the traction motors are realized by means of inverters and pulse regulators. Their power part is mostly implemented on the basis of IGBT or GTO technology. This great variety is a serious challenge to the operation and maintenance of EV's. [1,2] For ground urban electrical transport (GUET), the only competitive system of modern AC drives remains the DC electric drive implemented with classic DC or brushless DC motors (BLDC) with impulse control of the main modes of operation of the traction motors. In this case, the transducer is one, significantly simplified circuit, which determines the higher reliability and energy efficiency of the EV.

The report presents some of the results obtained in the modernization of the EV traction control system with impulse regulator, realized with thyristors of type GTO. A microprocessor driving system (MDS) for the MAN trolley, designed and constructed in Sofia. The main purpose of the development is to increase the reliability and energy efficiency of EV in both main operating modes - traction and braking. The proposed new technical solutions have been developed on the basis of the modern microprocessor technology, enabling optimization of the trolleybus MSS functions and increasing their reliability, safety and efficiency. Designing solutions for designing solutions that maximize vehicle energy efficiency while retaining all the other benefits of impulse regulation: dynamic vehicle performance, high energy efficiency in traction and braking, low operating and repair costs, Reliability, long service life, and so on.

* Corresponding author: dj_marti79@mail.bg

2 Technical parameters and characteristics of the object for study, experimental studies

The commented trolleybuses are operated by the Iskar trolley depot in Sofia. In the present introduction, the basic technical parameters and features of the trolleybus are briefly explained. Detailed information on circuit characteristics and experimental studies under real operational conditions is given in the published article in the scientific journal *Mechanics, Transportation and Communications* 2017.

Fig. 1 shows the power circuit of trolley bus MAN. The inlet filter is realized by the capacitors C1, C2 and the chokes L1 and L2. The trolley bus has a smooth impulse control of traction and braking forces by defined algorithms from the control system (CS), the braking process being a combination of electric and mechanical braking with pneumatic impact. The traction mode of the trolley bus is controlled by a given algorithm by the CS of the thyristor THF, depending on the specific setting of the control controller (driver's throttle). The field weakening in this circuit is automatically done via the DA, DB and RF resistors and no additional control elements are needed.

The trolley bus performs electric braking in two modes - recuperation and rheostat. The necessary excitation of the electric machine operating in generator mode and the regulation of the anchor and the excitation current according to the braking assignment is performed by the thyristor THB. During the pause, the electrical energy can be returned to the contact network via the TR

thyristors or extinguished in the braking resistors R11, R12 (located on the roof of the trolley) when the thyristor is operating. The type of electrical braking is determined by the set SU algorithm, the values of the voltage signals (U1 and Ue) and the current (T3 and T4) sensors as well as the current reference of the brake controller.

In order to optimally design the MDS, experimental traction and braking modes of the MAN trolley on a stand in the Iskar depot and in line under real operating conditions were investigated. The transition processes in the EV power scheme and the management algorithms of the Sofia University in its main modes of operation - thrust and electric braking (electrodynamic and recuperation) are studied. On this basis a control unit was designed, built and put into operation, implementing microprocessor control, control and protection, by specified algorithms, of all power parameters of the traction electric drive (TED) in the basic modes of operation of the trolleybus.

The following figures show some of the graphical results obtained from the study, taken with a four-channel digital oscilloscope with Rigoll memory. All impulses of the semiconductor switches TB, TR, THB, THF in the figures have an amplitude of 5V- standard TTL level. The voltages U_c, U₁ and the currents I_a, I_f were measured with sensors of the company LEM at a conversion ratio of 100:1 and were later visualised on a 1:2 scale.

Fig. 2 shows an oscillogram of thruster thyristor THF in the hitch and acceleration mode as well as the change of the traction current I_a and the trolley's tripping current I_f.

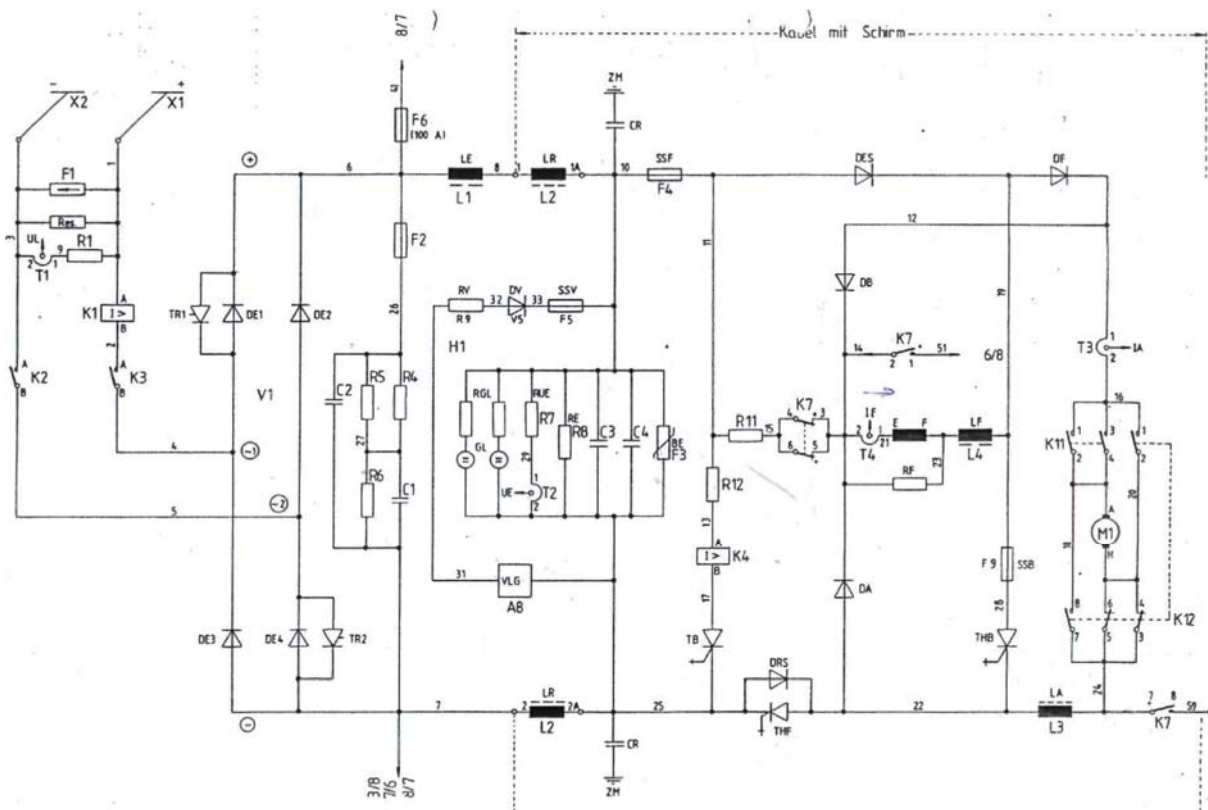


Fig. 1. Power scheme of a trolley bus with GTO thyristors.

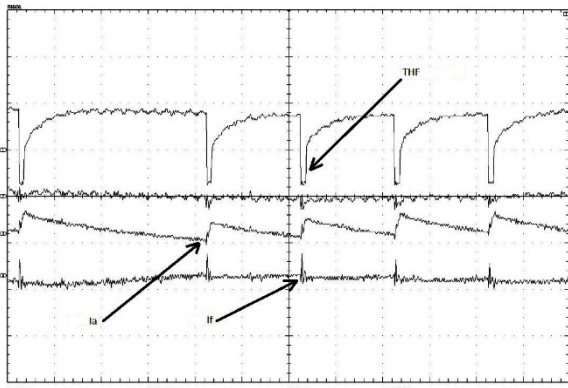


Fig. 2. Oscilloscope of control pulse THF (CH1), anchor current (CH2), excitation current (CH3), contact network (CH4).

In Fig. 3 is a continuous combinational recording of the control pulses in traction and then in braking mode. It can be seen that EV implements sequential recuperation and resistor braking. Larger length records in most cases do not allow accurate analysis of the shape and duration of the impulses, but they give an idea of the nature of the process.

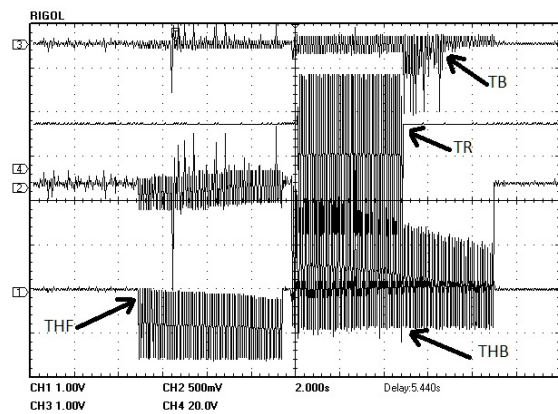


Fig. 3. Semiconductor switch control on a given algorithm in braking and traction modes. Managing impulses (THF) of THF (CH1), THB (CH2), TB (CH3), TR (CH4).

Fig.4 shows the existing algorithm of the German company BBC, where UI is the voltage of the trolleybus filter, which determines the quantity of recuperated energy. The oscillogram reveals that the recuperative semiconductor switch TR starts after the TB has operated for a long time, i.e. the variable resistor releases considerable energy at the beginning of every braking. The solution shown in Fig.4 attributes priority to the recuperation, which is the major advantage of the algorithm devised, whereby the energy efficiency is considerably enhanced. Calculations and measurements show that, given the same road conditions, the energy returned to the contact grid during the first 1 second of every braking is 15 600 J with the BBC control and 97 500 J for the solution presented herein. This is observed by the comparison of the two oscillograms as well. In Fig.4 and Fig.5 are captured the pulses of the three brake thyristors THB, TB and Tr, as well as the thyristor control algorithm, are pulled according to the voltage changes of the trolley filter.

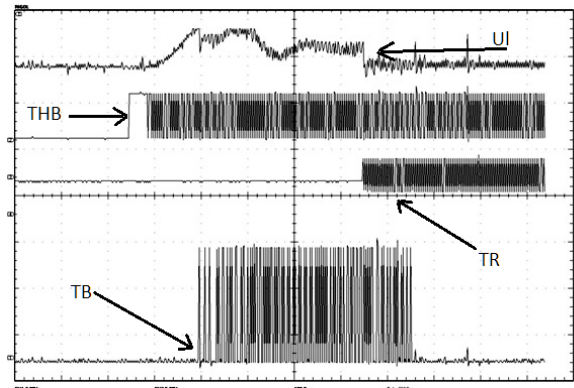


Fig. 4. Oscilloscope (stop) pulses TB (CH1), THB (CH2), TR (CH3), UF voltage filter (CH4) in the BBC control.

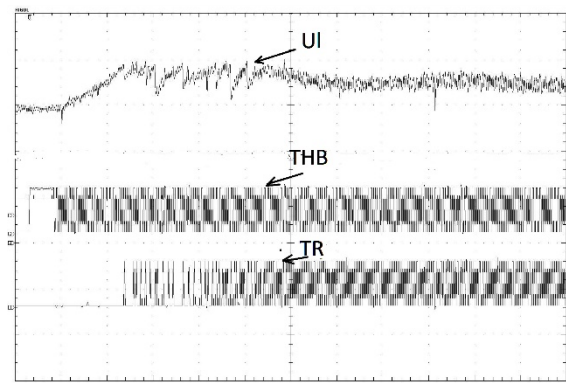


Fig. 5. Oscilloscope (stop) pulses THB (CH2), TR (CH3), UI voltage filter (CH4) in the solution presented herein.

In Figures 6 and 7, the THB, TB, and TR pulse control records are shown in function of the UF filter voltage and the anchor current Ia.

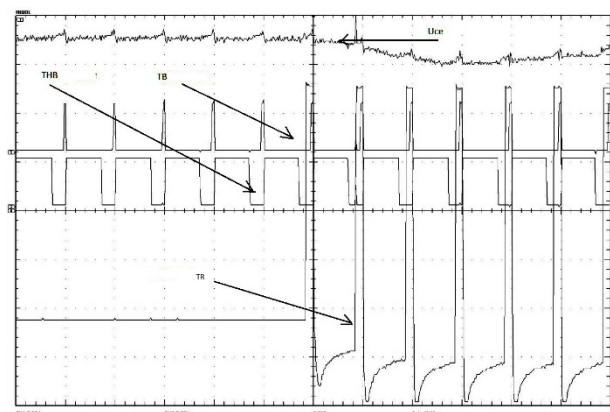


Fig. 6 Impulses of TB (CH1), THB (CH2), TR (CH3), UI (CH4).

In the experimental study the values of change in normal, transient and limit modes of the basic power parameters of TEE (anchor, excitation current, traction motor voltages, filter and contact network, revolutions), as well as the change of all control signals from the (CS) . On the basis of the analysis of the obtained results, a design assignment for microprocessor control is formulated to replace the existing and implemented analogue management and protection algorithm.

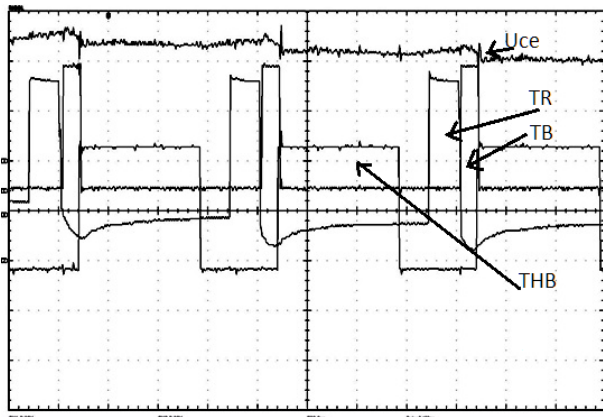


Fig. 7. Impulses of TB (CH1), THB (CH2), TR (CH3), Uce (CH4).

3 Design of MDS of traction DC electric drive with GTO thyristors.

The aim of the project is to create a control unit (CU) to realize effective control of the main thyristors of the trolley impulse regulator in traction, reverse and braking mode. It is necessary to implement the new block as a microprocessor and the driving algorithm to match the existing original driving.

The designed control unit is based on microprocessors type PIC16F1786, by means of a given algorithm, realizes pulse-width modulation (PWM), at a specific frequency, depending on the mode of operation of Traction electric propulsion (TEP) – traction or braking. The PIC16F1786 microprocessor has an inbuilt PWM generator, and, therefore, no need arises to write software for its initialization, which makes it a very convenient component for this solution and gives it a major advantage over the other microprocessors. The specific parameters of the design assignment for MDS have been established on the basis of the extended experimental study. They can be summarized as follows:

Traction mode:

- Regulation mode – PWM Constant frequency fuse $f = 500\text{Hz}$;
- Minimum impulse width of THF - $120\mu\text{s}$;
- Pitch control range PWM - from 0.1 to 98%;
- Acceleration time from 0 to 100% - 8.2s;
- Shape of the control pulse - rectangular;
- Fast response at CU - less than $1\mu\text{s}$;
- Construction of fast-acting protections - maximum anchor and excitation current, minimum and maximum voltage - less than $12\mu\text{s}$;
- Protections and prohibitions on the joint operation of THF and THB thyristors;
- Permission for work of the University in case of specific initial conditions;

- Work of the CU on a specific algorithm - corresponding to the existing CU;
- Traction current regulation - depending on the specific assignment;
- Adjustment range of I_a - $20 \div 500\text{A}$;
- Braking mode:
 - Ability to realize electrodynamic and regenerative braking;
 - Stopping on a specific algorithm depending on the braking control of the brake controller;
 - Starting width of THF - $400\mu\text{s}$;
 - THB first pulse width to reverse direction I_a to 120A - approximately 30 ms;
 - THB PWM driving - according to the algorithm, depending on the current UF value;
 - Recovery impulse width of TR - $300\mu\text{s}$;
 - Width of the IM for TB - $160\mu\text{s}$ - in the pause of THB;
 - Provide all time-bans and protections within 1 period.
 - Trolley filter voltage control - up to 800V ;

Fig. 7 shows the traction control algorithm realized with MDS.

The design of the CU is done in several basic stages:

- Analytical determination of the parameters of the EV recuperation regime in the urban traffic conditions;
- Software simulation modeling in the MATLAB SIMULINK environment of various circuit solutions and controls;
- Analysis of the results obtained from the simulations and on this basis selection of the final schematic solution and the structuring elements;
- Building the control system and conducting control tests for functional suitability and efficiency.

4 Conclusion

The design and implementation of the MDS was done under a contract concluded with "Sofia Electricity Transport" EAD, in which the basic parameters of the assignment were formulated. The aim of the project is to build a BS that will effectively manage the main thyristors of the trolley pulse regulator in traction, reverse and braking mode. The designed control unit is designed and installed on an experimental trolley. Road trials are being carried out on a specific methodology.

References

1. L. Balgaranov, *Electrical transport*, Sofia, (in Bulgarian), (2009)
2. Troleibus MAN – Technical documentation, diagrams, parameters and characteristics, (1988)
3. *Mechanics, Transportation and Communications* scientific journal, ISSN 1312-3823, vol. 15, issue no. 3, 2017, article ID 1509 / 2017

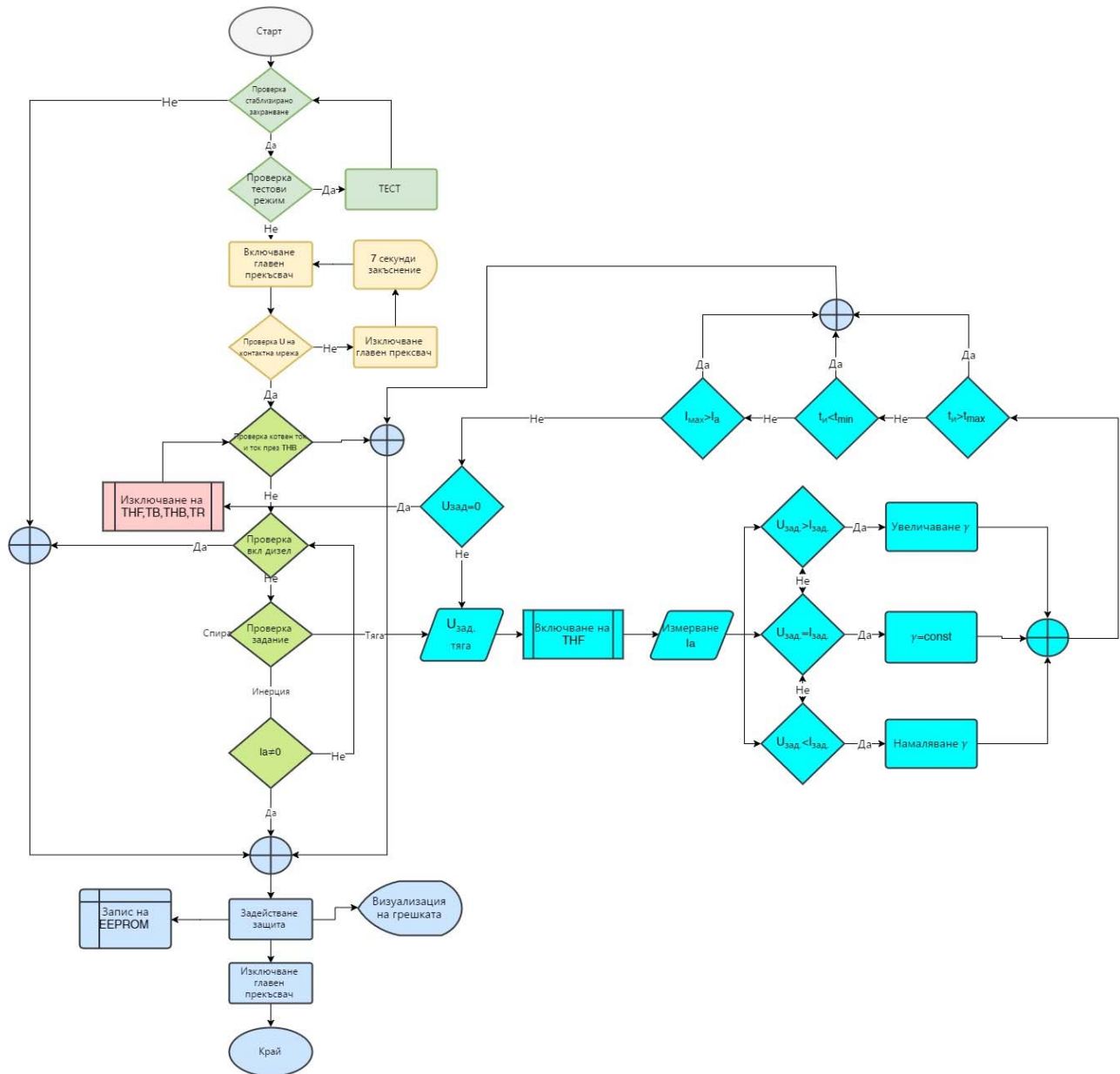


Fig. 7. Driving algorithm.

Изследване напреженията и оптимизиране конструкцията на лопатка за турбина работеща с фреон

Магдалена Дюлгерова^{*,1}

¹ Университет „Проф. д-р Асен Златаров”, Бургас, България

Резюме. Представена е идеята за оптимизиране на конструкцията на лопатка за турбина, работеща с фреон. Лопатката е изработена чрез 3D-технология на принтиране от термо-пластични пластмаси. С помощта на компютъризирано моделиране и изследване на тримерните модели на различни конструкции на лопатки и инициране на действащите усилия върху лопатката и чрез симулационно изследване на разпределението на скоростните съставляващи на потока по сечението на канала, са получените резултати, с които е оптимизирана конструкцията на лопатката на работно колело за турбина, работеща с фреон. Проведен е анализ и се предлага конструкция на лопатката, която е подходяща за работа при съответни условия.

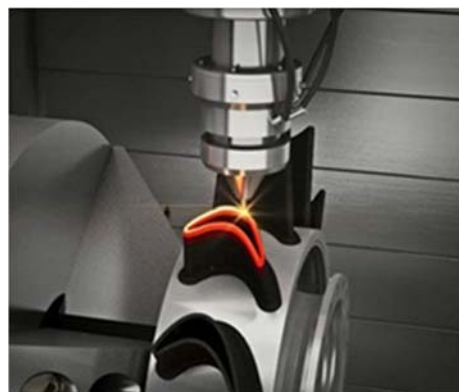
1 Въведение

Технологията на 3D-принтирането е в основата на новите технологии за производство. Използването на 3D-печат с твърди, термопластични пластмаси и възможностите, които той дава да се армира обемно принтираният детайл с карбонови нишки или нишки от стъклопласт [1,2], позволява сравнително евтино и бързо да се изработват турбинни лопатки със сложна форма (Фиг. 1), без нужда от инструментална екипировка, без механична обработка и леене.

Освен това използваните материали са износостойчиви, издържат на механични натоварвания и притежават висок модул на еластичност при огъване (6,2 GPa) при средна деформация при разрушаване (8-10%).

При турбините, работещи на фреон, за ORC инсталации, се работи при сравнително ниски налягания и температури [3-6]. Това дава възможност металните лопатки на работните колела да се заменят с твърди термо-пластични пластмаси. Използването на неметални материали дава редица предимства от конструктивен и технологичен характер при изработване на турбината, а модифицирайки формата на лопатката, се получава възможност за максимално оптимизиране на хидродинамиката на потока и повишаване на коефициента на полезно действие на турбината.

Стандартният начин за изрязване на лопатките, с използване на металорезещи машини (Фиг. 2), е доста скъп и бавен, изисква много машинно време, необходимо е да се проектира и изработва специална инструментална екипировка, да се използват скъпи и сложни цифрови фрези и въпреки това, понякога не може да се конфигурира технологично сложна форма на лопатката.



Фиг. 1. Технология на 3D принтиране.



Фиг. 2. Технология с изрязване на лопатките.

Един от проблемите, който може да възникне при използването на 3D-технологията на принтиране е, че пластмасите, които се използват, в някои случаи не могат да осигурят достатъчна якост на лопатката. Съществува възможност да се получи такава комбинация от характеристиките на обгичащия поток, че при зададените режими на работа на турбината да се стигне до значителни напрежение и дори до разрушаване на лопатката (Фиг. 3).

* Corresponding author: mdyulgerova@abv.bg

Прилага се и технологията на 3D-принтиране с използване на метални сплави, но все още не дава удовлетворителна графовост и точност на повърхностите и е значително по-скъпа.



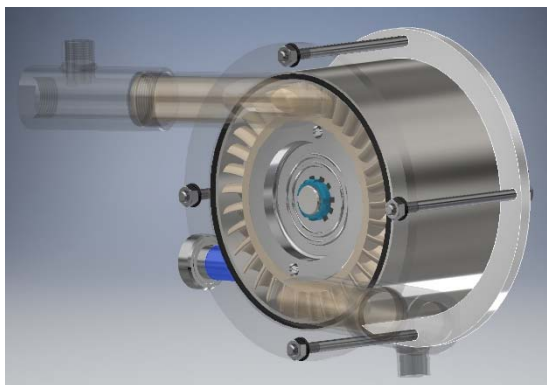
Фиг. 3. Разрушаване на лопатката.

За решаване на проблема с устойчивостта на лопатката, изработена от термопластични пластмаси, е необходимо да се извърши якостно оразмеряване на лопатките при съответните екстремални режими на работа на турбината и на база от получените резултати да се вземат конструкторски решения за обезопасяване на опасните зони.

Задачата на настоящата работа е да се провери възможността за симулационно изследване на разпределението на напреженията, възникващи в сеченията на лопатката, от действащите върху нея натоварвания и да се предложи методика за якостно оразмеряване на лопатката.

2 Формулиране на проблема

При стандартна конструкция на парна турбина (Фиг. 4) и при зададени начални параметри на топлоносителя и условия на работа като температура, налягане, ъглова скорост, предавано натоварване и др., лопатките се конструират и оразмеряват по утвърдени и доказали се за определени експлоатационни условия в практиката методики [7-9].



Фиг. 4. Конструкция на турбината.

Лопатката основно се намира под въздействието на натоварване, което може да се представи с осова сила P .

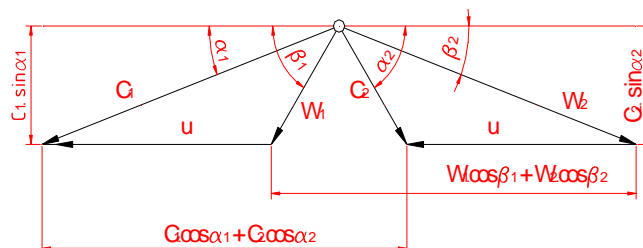
Осовата сила се получава в резултат от реакцията на струята пара, която изтича от дюзите, при което се генерира и въртящият момент M_N на турбината.

При формулирането на натоварването на лопатката в изградения математическия модел трябва да се отчете моментът M_R , който се явява вследствие на магнитното поле на генератора.

Силата P зависи от разхода и скоростта на движение на топлоносителя в турбинните секции и се определя от скоростния триъгълник (Фиг. 5), за всяка секция [7-9].

$$P = G (w_1 \sin \beta_1 + w_2 \sin \beta_2), \quad (1)$$

където G е масов дебит на топлоносителя, kg/s; w_1, w_2 – относителни входяща и изходяща скорости в и от работната лопатка, m/s; β_1 – входящ ъгъл на работната лопатка; β_2 – изходящ ъгъл на работната лопатка;



Фиг. 5. Скоростен триъгълник.

Относителните скорости се определят от уравненията:

$$w_1 = c_1 \frac{\sin \alpha_1}{\sin \beta_1}, \quad \text{m/s}; \quad (2)$$

$$w_2 = \psi c_1, \quad \text{m/s}, \quad (3)$$

където: α_1 е наклон на струята пара от дюзата по отношение на работното колело (от 10 до 25 градуса); c_1 – скорост на изтичане от дюзата, m/s; ψ – скоростен коефициент на работната лопатка (от 0,6 до 0,95), определя се от графична зависимост.

Ъгълът β_1 се определя от зависимостта:

$$\beta_1 = \arctg \left[c_1 \cdot \frac{\sin \alpha_1}{c_1 \cdot \sin \alpha_1 - u} \right] = \arctg \frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1 - \frac{u}{c_1}}. \quad (4)$$

Абсолютната изходяща скорост на потока от лопатката $c_{2,t}$ се дава като:

$$c_{2,t} = \frac{w_2 \cdot \sin \beta_2}{\sin \alpha_2}, \quad \text{m/s}, \quad (5)$$

където: α_2 е наклон на струята пара на изход от работното колело, определя се от уравнението:

$$\tg \alpha_2 = \frac{\sin \beta_2}{\cos \beta_2 - \frac{u}{w_2}}. \quad (6)$$

където: u е периферна скорост на парата, m/s.

Въртящите моменти могат да се определят от предаваната в турбината мощност. Максималната

теоретична мощност, която може да се отдаде в турбината при адиабатно разширение е:

$$N_{MAX} = G(i_1 - i_2), \text{ kW} \quad (7)$$

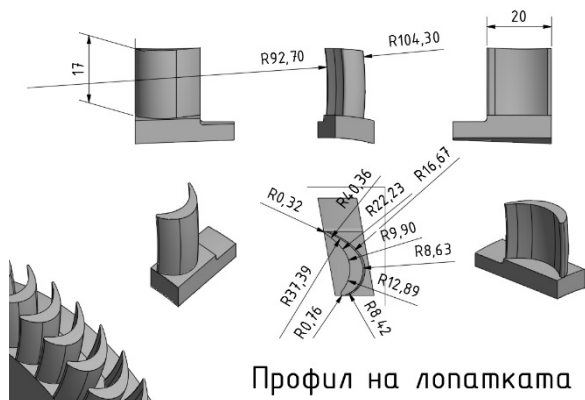
където: i_1 и i_2 са енталпии на пара на вход и изход от турбината, kJ/kg, и съответно

$$M_N = \frac{N_{MAX}}{\omega} = \frac{30 N_{MAX}}{\pi n}, \text{ Nm.} \quad (8)$$

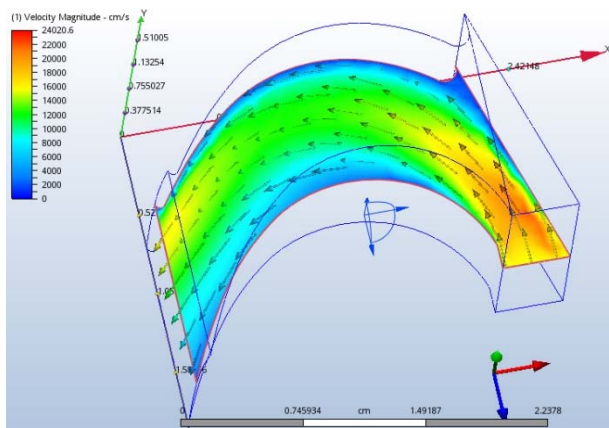
където: ω е ъгловата скорост на работното колело; n – обороти на турбината, s^{-1} .

Използвайки горните зависимости за определяне на максималните стойности на действащите натоварвания и с помощта на компютъризирано моделиране и изследване на тримерни модели на лопатката, може да се симулира процесът на натоварване и да се направи анализ на опасните сечения в конструкцията.

За целта, изхождайки от конструктивните особености на профила на лопатката (Фиг. 6), и от скоростния триъгълник на движението на потока по течението (Фиг. 5), се определят стойностите и разпределението на скоростните съставляващи на потока (Фиг. 7).



Фиг. 6. Геометрични характеристики на лопатката.

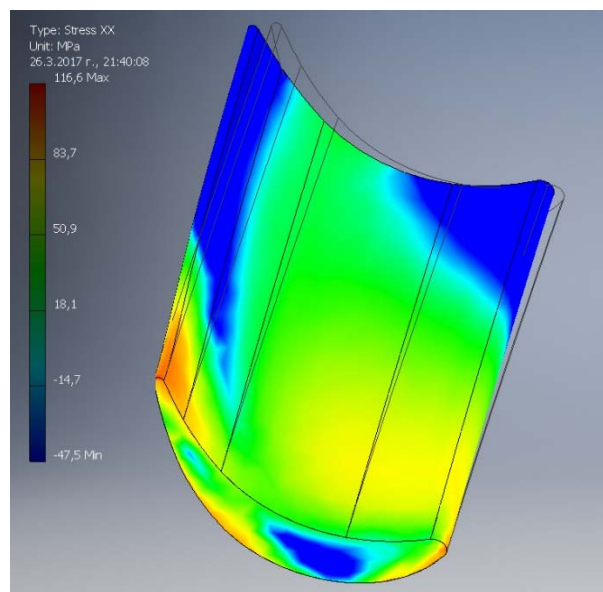


Фиг. 7. Разпределението на компонентите на скоростта на потока по сечението на канала.

За симулиране на движението на потока в лопатковия канал се задават начални параметри на топлоносителя и условия на работа като: температура, налягане, плътност и др.

На Фиг. 7 е представено разпределението на скоростните съставляващи на потока по сечението на канала. Знаейки тези стойности, можем да определим реално действащата върху лопатката сила P (1) и мястото на нейната приложна точка.

На базата на тези изходни данни и знаейки физико-химичните характеристики на материала, от който се изработват лопатките, можем да определим големината и разпределението на възникващите в различните сечения на лопатката напрежения (Фиг. 8).



Фиг. 8. Напрежения, възникващи в лопатката.

На Фиг. 8 са представени числени резултати за разпределението и големината на напреженията в лопатката на турбина, която работи с фреон, при зададени параметри на потока.

От анализа на данните може да се търси оптимизиране на конструкцията на лопатката така, че възникналите натоварвания и деформации да не превишават, с определен запас, допускателната граница на устойчивост на лопатката за дадения материал.

3 Резултати и обсъждане

С помощта на компютъризирано моделиране и изследване на тримерните модели на различни конструкции на лопатки за турбини, работещи на фреон и симулационно изследване на разпределението на скоростните съставляващи на потока по сечението на канала, са получени резултати, с които е оптимизирана конструкцията на лопатката на работно колело за турбина, представена на Фиг. 4.

Турбината е с мощност до 10 kW и работи с фреон 507A при налягане на топлоносителя на вход от 1,5 MPa и дебит на от 0,122 kg/s.

Сравнението на резултатите, получените по числен път и експерименталните данни, заснети в процеса на работа на турбината, дават добро съвпадение. Това показва, че предлаганият подход за оразмеряване и конструктивно оформяне на лопатката на работното колело, може да се използва за разработване на нестандартно оборудване.

Литература

1. <https://all3dp.com/arcam-cocor-process-ebm-technology/>
2. <http://www.maketechnics.com/3d-printer/>
3. D. Mitev, D. Rusev, *Technological Thermodynamics*, Rota pechat, Burgas, 305, (2013)
4. Д. Митев, Д. Русев, Е. Пискова, С. Тенчев, Използване на ламбда технологията за преобразуване на ниско потенциална топлина в електроенергия, *IV Национална конференция по ВЕИ*, София, 26, (2007)
5. Д. Митев, Русев Д. Е. Пискова, С. Тенчев, Повишаване ефективността при преобразуване на високо и нископотенциални топлини в електрическа енергия. *International Congress*, Пловдив, (2005)
6. Д. Митев, Русев Д., Е. Пискова, С. Тенчев, Приложението на ламбда технологията при преобразуване на топлината в електрическа енергия. *III International Congress for Energy Efficiency and Renewable Energy Sources*, (2007)
7. А. Генбач, А. Кибарин, Т. Ходанова, *Паровые и газовые турбины*, Теплоэнергетика, Алматы: АИЭС, 58, (2008)
8. Д. Русев, С. Тенчев, Изследване хидро динамиката на работни и направляващи лопатки за турбини, работещи с малки дебити на топлоносителя, *Годишник на Университет „Проф.д-р Асен Златаров“ – Бургас, XLIV(I)*, (2015)
9. В. Балабанович, Н. Пантелей, *Турбины тепло-электростанций*, Белорусский Национа льный Технический Университет, Минск, 106, (2005)

Stress study and optimizing the construction of a blade of freon turbine

Magdalena Dyulgerova¹

¹University “Prof. As. Zlatarov”, Burgas, Bulgaria

Abstract. The idea of optimizing the design of a freon turbine’s blade is presented. The blade is made using the 3D technology of printing from thermoplastic plastics. For the determination of stresses, computerized modeling and study of three-dimensional models of different blade designs were used. The distribution of flow rate components across the channel section has been investigated. Results were obtained that optimized the design of the impeller blade for a freon turbine.

Изпитвателна машина за експериментални изследвания в условията на високи температури

Веселин Цонев^{1,*}, Борис Борисов¹, Иван Мухтаров² и Никола Кузманов¹

¹Технически университет – София, катедра „Съпротивление на материалите“

²Вистеон Електроникс България

Резюме. В статията е описана конструкцията на изпитвателна машина за изследване поведението на материалите в условията на високи температури. При проектирането и са използвани съвременни софтуерни продукти, позволяващи оптимизиране на конструкцията. С помощта на числени симулации и натрупан опит от предишни разработки е направен проект и е изработена изпитвателната машина. Установено е, че тя отговаря на заложените в проекта параметри.

1 Въведение

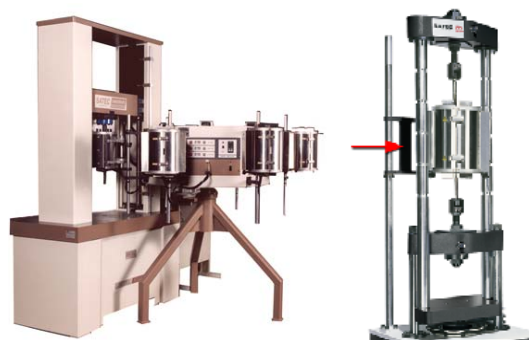
Изпитването на материалите на опън при повишени температури изисква специализирана апаратура включваща: машина за изпитване; устройства за измерване на деформации; нагревателно устройство и система за управление, регистриране и запис на измерваните величини. Специализирани фирми предлагат такава апаратура, но техните цени са високи, което ги прави недостъпни за малките и средни предприятия. Познаването на техните възможности обаче ще подпомогне опита за изграждане на изпитвателни системи на по-достъпна цена.

На Фиг. 1 са показани многопозиционни изпитвателни машини с директно натоварване чрез тежести. Когато, трябва да се поддържа постоянно напрежение се въвежда подвижна тежест, с която се коригира силата в зависимост от протеклите деформации. Директното натоварване осигурява проста схема на реализиране. Негови недостатъци са: ограничена стойност на прилаганата сила, което не позволява да се изпитват пробни тела с нормален диаметър от високо яки стомани; физическо натоварване на провеждащия експерименталните изследвания и др.



Фиг. 1. Изпитвателни системи с директно натоварване чрез тежести.

За провеждане на експерименти с поддържане на постоянна стойност на напрежението, в съвременните лаборатории се използват изпитвателни машини със сервоуправляеми натоварващи механизми, които позволяват чрез цифрово управление да се осигурява прецизно натоварване (Фиг. 2).



Фиг. 2. Изпитвателни системи със сервоуправляеми натоварващи механизми.

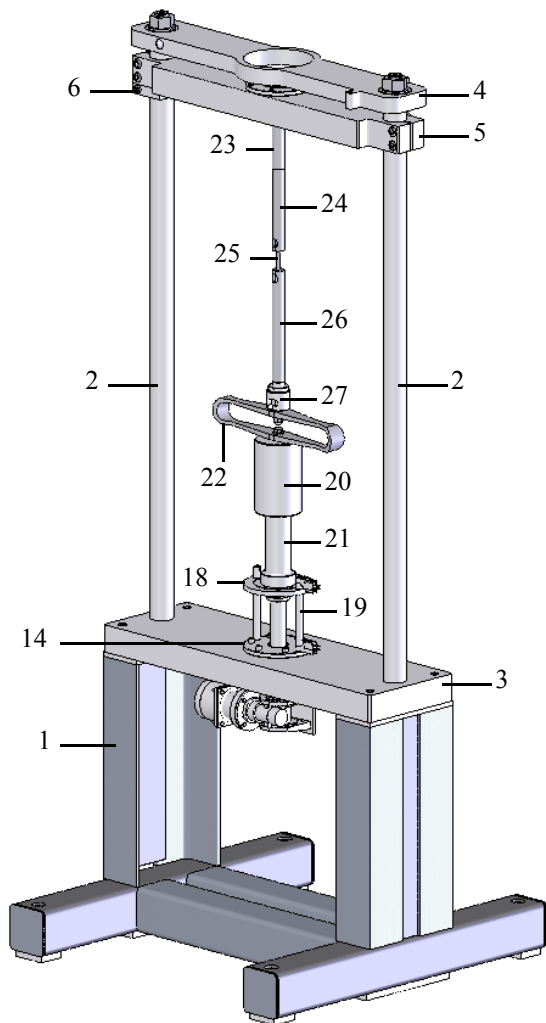
Изпитвателната машина трябва да бъде проверена и да има клас на точност поне 1 в съответствие със стандарт БДС EN ISO 7500-2 [1]. Машината трябва да бъде изолирана от външни вибрации и удари. Натоварването се прилага по оста на пробното тяло, така че да се получи минимално огъване или усукване на работната му част. Силата трябва да бъде приложена без удар. Машината трябва да бъде снабдена с устройство, което да минимизира удара при разрушаване на пробното тяло. Типът на машината се отбелязва в протокола на изпитването.

Поставя се задачата да се проектира и изработи изпитвателна машина, осигуряваща прецизно натоварване до 10 KN, която да се използва за експериментални изследвания в условията на високи температури.

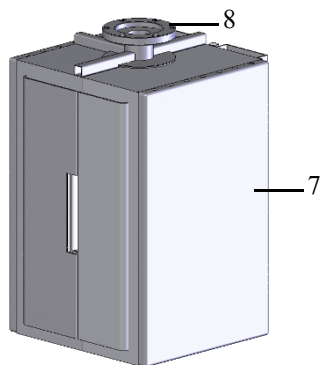
* Лице за кореспонденция: tzonev@tu-sofia.bg

2 Конструирание на изпитвателната машина

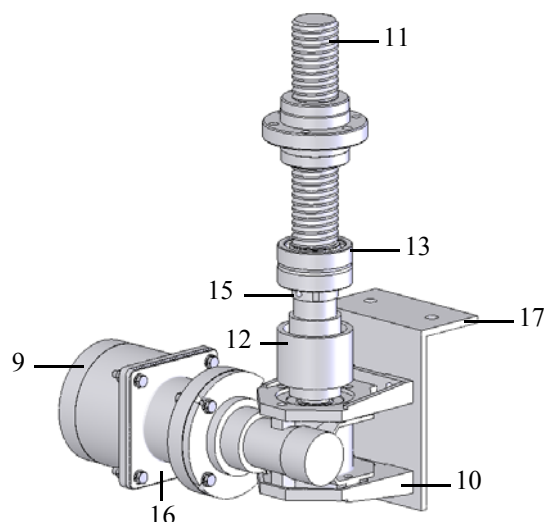
На базата на опита на катедра „Съпротивление на материалите“ към ТУ-София и данни от специализираната литература е избрана конструкцията, показана на Фиг. 3. На Фиг. 4 е показан нагревателният модул [2], който се вгражда в машината, а на Фиг. 5 е показан натоварващият модул на машината.



Фиг. 3. Изпитвателна машина.



Фиг. 4. Нагревателен модул.



Фиг. 5. Натоварващ модул.

За машината е характерно следното:

- Рамата на изпитвателната машина се състои от стойка 1, две колони 2 и три траверси 3,4,5. Стойката е от валцовани профили, свързани чрез заварени съединения. Нивелирането става с помощта на специални винтове, разположени в четирите опори. В горната част на стойката с помощта на винтове се присъединява метална плоча – долна траверса 3. Тя служи за захващане на водещите колони на изпитвателната машина. В горния край двете колони се свързват чрез стабилизираща плоча – горна траверса 4. Сглобяването на колоните и плочите става чрез пасващи повърхнини и винтови съединения. Върху колоните се плъзга специална плоча – средна траверса 5. В зависимост от дължината на изпитваното пробно тяло тя се позиционира в определено положение и се законтря с винтове и допълнителна скоба 6, осигуряваща неподвижност на връзката. Разстоянието между колоните е съобразено с габаритите на нагревателния модул 7, който се вгражда в изпитвателната машина с помощта на специален фланец 8, заварен от горната му страна. Този фланец с помощта на болтове се захваща към подвижната траверса. Рамата е изработена от стомана Ст. 45;

- Натоварващ модул – изграден е на база стъпков електродвигател 9, редуктор 10 и сачмено-винтова двойка 11. Избрана е сачмено-винтова двойка със стъпка 5 mm. Нейният ход е съобразен с очакваното линейно удължение на пробното тяло в резултат на повишаването на температурата и протичащите деформации от натоварването. За плавно и прецизно прилагане на силата от сачмено-винтовата двойка са избрани червячен редуктор с голямо предавателно отношение (50) и стъпков електродвигател с голям брой стъпки (200) за 1 оборот. Необходимият момент за задвижване на сачмено-винтовата двойка е пресметнат за максимално натоварване 10 KN. Стъпковият електродвигател и редукторът, както и редукторът и сачмено-винтовата двойка са свързани чрез зъбни съединители 12. Сачмено-винтовата двойка се върти в аксиално-радиален лагер 13, който посредством фланец 14 и лагерна капачка се монтира в

долната траверса. Осигуряването срещу приплъзване на вътрешната гривна на лагера се осъществява от специалната гайка 15. Конструктивно връзката между стъпковия електродвигател и редуктора се извършва посредством фланец 16, а редукторът се закрепва към долната траверса чрез специална Г-образна планка 17. Осигуряването на линейно движение на винта на сачмено-винтовата двойка се постига с помощта на диск 18, който се плъзга по два водача 19, захванати за долната траверса;

- Силомер 20, чийто електрически сигнал служи за обратна връзка с управлението на стъпковия двигател. Измервателното устройство за сила е изработено на принципа на преобразуване на механичната деформация в пропорционален електрически сигнал – пълномостова тензометрична схема. Връзката между натоварващия модул и силомера се осъществява с помощта на фланец 21, чиято дължина е съобразена с хода на винта на сачмено-винтовата двойка;

- Еластичен елемент 22 – въвежда се с цел да осигури безударно натоварване и да минимизира удара при разрушаване на пробното тяло. Връзката между него и силомера става с помощта на винтово съединение. Еластичният елемент е изработен от стомана Ст. 65 Г (ЗМ-810, ОМ-400);

- Захващащо устройство, състоящо се от горен захват 23, удължен с помощта на стебло 24, пробно тяло 25 и долен захват 26. Захватите и стеблото са изработени от топлоустойчива стомана с висока якост на опън. За да се осигури съосност на горния захват с отвора в средната траверса (към която той се захваща с помощта на гайка), е монтирано сферично носещо съединение. Връзката между захващащото устройство и еластичния елемент става с помощта на самонагаждащата се гайка 27 и сферичен болт.

При проектирането на изпитвателната машина е използван софтуерен продукт SOLID WORKS [3]. Чрез числени симулации на напреженията и деформациите са оптимизирани размерите на рамата и еластичният елемент на изпитвателната машина.

3 Якостно-деформационен анализ

Якостно-деформационният анализ на рамата и еластичния елемент на машината е направен по метода на крайните елементи с програмата COSMOSWORKS.

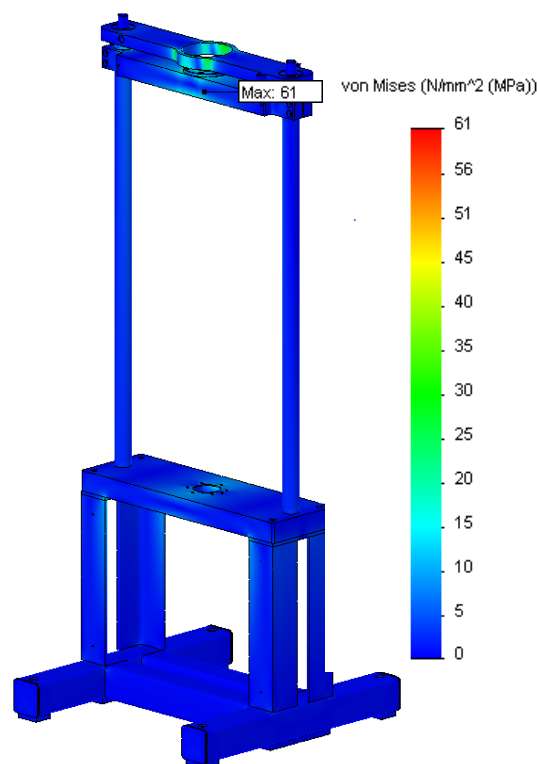
На Фиг. 6 е показана мрежата от крайни елементи и наложените гранични условия на рамата. Изчисленията са направени за осова сила 10 kN. Натоварването е в мястото на опорите на долната и средната траверса. Основата на рамата е фиксирана.

На Фиг. 7 са показани еквивалентните напрежения в рамата. Поради изискванията за по-голяма коравина на конструкцията, получените напрежения в колоните и траверсите са ниски.

На Фиг. 8 са показани преместванията по ос y (осово направление) в рамата на машината. Предимство на тази конструкция е, че деформирането при натоварване не измества пробното тяло странично по отношение на корпуса на нагревателния модул.

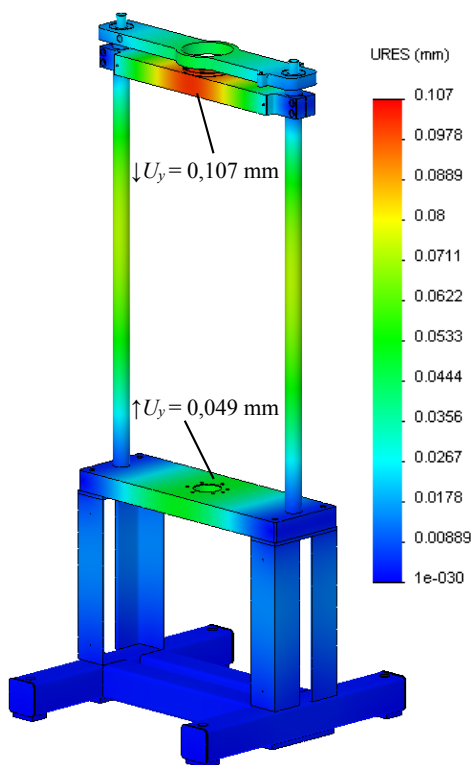


Фиг. 6. Мрежа и гранични условия.

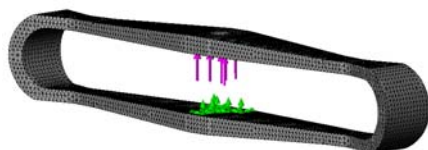


Фиг. 7. Еквивалентни напрежения.

На Фиг. 9 е показана мрежата от крайни елементи и наложените гранични условия за окончателния вариант на еластичния елемент. Изчисленията са направени за осова сила 10 kN. Натоварването е в мястото на захващане на еластичния елемент към долния захват на пробното тяло, а фиксирането му е в мястото на захващане към силомера на изпитвателната машина.

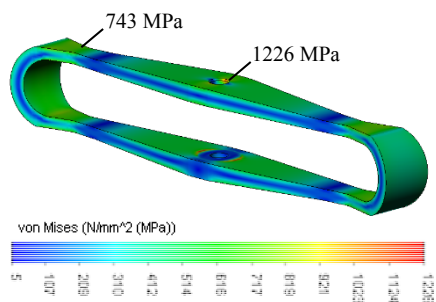


Фиг. 8. Премествания по осово направление.



Фиг. 9. Мрежа и гранични условия.

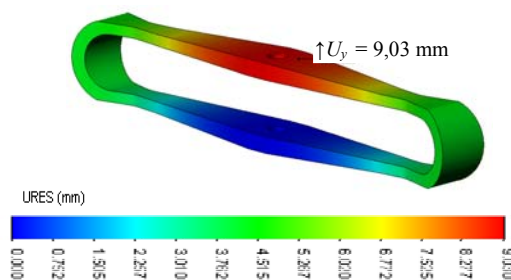
На Фиг. 10 са показани еквивалентните напрежения в еластичния елемент. Напреженията в зоната на захващане на еластичния елемент реално ще бъдат пониски поради вкоравяването от свързването със силомера от едната страна и със долния захват на пробното тяло от другата страна. Необичайно високите напрежения не могат да се избегнат, поради изискването за по-висока еластична константа. Благоприятно обстоятелство е, че еластичният елемент ще работи при статично натоварване.



Фиг. 10. Еквивалентни напрежения.

На Фиг. 11 е показана картина на преместванията по направление y (осово направление) в еластичния елемент. Максималното взаимно преместване на точките на захващане на еластичния елемент е

$U_y = 9,03 \text{ mm}$, което определя и еластичната константа $C \approx 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}$.



Фиг. 11. Премествания по осово направление.

4 Изработване на изпитвателната машина

След като с помощта на компютърни симулации са доуточнени формата и размерите на рамата и еластичния елемент на изпитвателната машина, тя е изработена.

На Фиг. 12 е показано захващащото устройство, а на Фиг. 13 е показана обща снимка на изпитвателната машина и вграденият в нея нагревателен модул. Виждат се стъпковият електродвигател, редуكتورът, сачмено-винтовата двойка, силомерът и еластичният елемент.



Фиг. 12. Снимка на изработеното захващащо устройство.



Фиг. 13. Снимка на изработената изпитвателна машина.

5 Заключение

Изработена е изпитвателна машина за изпитване на материалите в условията на високи температури. Тя е със сервоуправляем натоварващ механизъм, който позволява чрез цифрово управление да се осигурява прецизно натоварване. Първоначалните тестове показват, че изпитвателната машина отговаря на изискванията на стандарт БДС EN ISO 7500-2.

Авторите на статията благодарят на доц. Ленин Лазов и доц. Георги Стойчев за ценните съвети и оказаната помощ при проектирането и изработването на изпитвателната машина.

Литература

1. БДС EN ISO 7500-2, Метални материали. Проверка на машини за изпитване на статично едноосово натоварване. Част 2: Машини за изпитване на пълзене при опън. Проверка на прилаганото натоварване.
2. N. Nikolov, V. Tsonev, L. Lazov, V. Georgiev, Design of a heating device for long material testing at high temperature, *International Scientific Conference of the Faculty of Machine and Power Engineering*, Sozopol, 17 September 2009, 1, 187-192, (2009)
3. SOLID WORKS Documentation, (2016)

Testing machine for experimental investigation in high temperature conditions

Veselin Tsonev¹, Boris Borisov¹, Ivan Muhtarov², and Nikola Kuzmanov¹

¹Technical university - Sofia, „Strength of materials“ department

²Visteon Electronics Bulgaria

Abstract. In this paper is described the design of testing machine for experimental investigation in high temperature conditions. during its design state of the art CAD/CAM software was used witch allow its optimization. Using FEM and previous experience a project was mage and machine was build. It was determined that it met the conditions stipulated in the project.

Modeling the behaviour of the Interfaces in FRP-strengthened structural elements

Todor Zhelyazov^{1,*}

¹Technical University – Sofia, 8 Kliment Ohridski Blvd., 1000 Sofia, Bulgaria

Abstract. In structural elements strengthened with Fiber Reinforced Polymer (FRP), debonding failure modes may affect the overall mechanical response. Such failure modes might be crucial, i.e. their manifestation could lead directly to a global failure which is often brittle and premature. In other cases these failure modes should be accounted for in the modeling in order to obtain more accurate results. Despite the large amount of research work carried out the last few decades, debonding failure modes are still not fully understood. A number of constitutive relations aimed at modeling the interface between FRP and concrete, more specifically the loss of bond action, have been proposed. This contribution is focused on a numerical procedure designed to model the progressive loss of bond action between FRP and concrete. The algorithm uses a linearized slip-stress relationship defined on the basis of a fracture energy equivalence with an empirical one. An experimental set-up widely used to investigate debonding is modeled. Results obtained by finite element analysis are presented. Upon appropriate calibration and generalization, the numerical procedure can be subsequently employed to account for the loss of bond action in FRP-strengthened structural elements.

1 Introduction

The accurate study of the mechanical response of hybrid structural elements, such as concrete or Reinforced Concrete (RC) structural elements strengthened with Fiber Reinforced Polymer (FRP) requires modeling of the interfaces. The mechanical response of the interfaces is complex and researchers are unanimous that it involves the consideration of many problems that are far from being fully understood.

From a practical point of view, debonding should be taken into account in some specific cases.

Debonding may result in premature failure modes. Thus for example, the delamination of the FRP strip/plate bonded to the soffit face of a concrete/reinforced concrete beam prevents the full utilizations of the load-carrying capacity of the external reinforcement in composite material. The structural element fails before the FRP resisting capacity is reached.

Modeling the mechanical response of concrete beams strengthened with internal reinforcement in composite material (e.g. internal rods in basalt fiber designed to replace traditional steel reinforcement) also involves the study of the FRP-concrete interface. It should be noted that such structural elements can not be used without additional anchorage devices for the reinforcing rods in composite material with hardware for pre-tensioning. However, the bond between the FRP material and the concrete might affect the overall mechanical response of a given structural element.

On the macro-scale, the interface behaviour can be modeled either by postulating a perfect bond, or by defining a Mohr-Coulomb type of response.

The former approach could provoke a spurious rigidity in the overall mechanical response of the considered structural element. This contribution is focused on the latter option.

Technically, in the framework of the widely used Finite Element (FE) solutions, the interface response can be modeled by using “interface elements”.

An alternative numerical procedure aimed at managing the state of nodes on the interface (e.g. “coupled” or “uncoupled”) in function of a predefined “stress-slip” relationship will be discussed.

The formulation of a slip-stress relationship that reproduces accurately and correctly the loss of bond action on the FRP-concrete interface, has been intensively discussed the last few decades. Multiple approaches have been proposed and developed:

- Elasto-plastic model by [1] and [2];
- Bilinear model based on the interfacial fracture energy G_f [3];
- Model based on Popovic’s expression by [4];
- Shear softening model by [5].

In this contribution, a finite element model is built on the basis of an experimental set-up widely used to investigate debonding phenomena related to pure shear delamination. The interface between FRP and concrete is explicitly defined and a slip-stress relationship is chosen to model the progressive loss of bond action.

* Corresponding author: todor.zhelyazov@tu-sofia.bg

2 The “Slip-Stress” relationship

The relation between the shear stress (τ) and the slip (s) can be defined by the following equation [6]:

$$\tau = 2BG_f(e^{-Bs} - e^{-2Bs}). \quad (i)$$

In equation (i) G_f stands for the interfacial fracture energy and B is material constant. Material parameters G_f and B should be identified by performing “Pullout bond test”. A plot of the “ s - τ ” curve for $B = 10,79 \text{ mm}^{-1}$ and $G_f = 1,034 \text{ N/mm}$ [6] is given in Fig. 1.

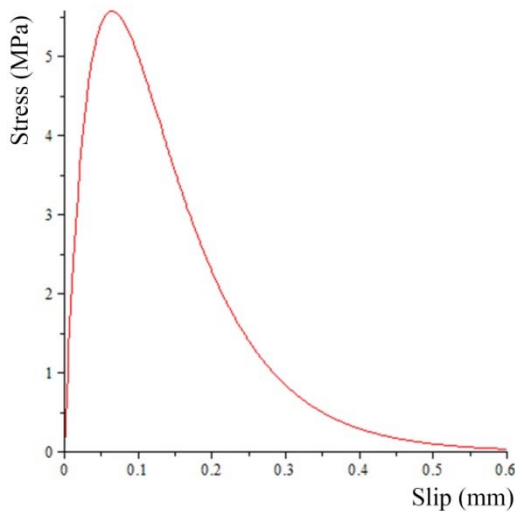


Fig. 1. Slip-stress relationship.

Instead of using the power law given by equation (i) bilinear slip-stress constitutive relations are often adopted for numerical simulations [7-10].

A bilinear slip-stress relationship defined on the basis of fracture energy equivalence with an empirical one [11] proposed in [12] is plotted in Fig. 2.

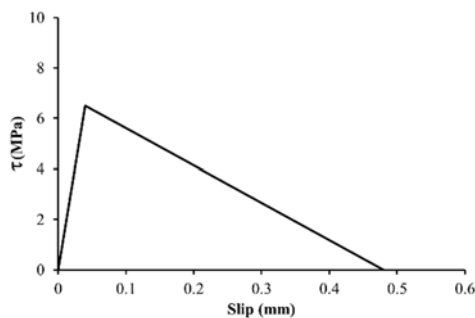


Fig. 2. Bilinear stress-slip law [12].

Alternatively, the local slip-stress relationship can be approximated by a multilinear relationship calibrated on the basis of acquired experimental data (see for example [13]):

$$s < s_1 : \tau = \tau_1 \left(\frac{s}{s_1} \right)^\alpha, \quad \alpha \in [0,1]; \quad (ii)$$

$$s_1 < s \leq s_2 : \tau = \tau_1; \quad (iii)$$

$$s_2 < s \leq s_3 : \tau = \tau_1 - (\tau_1 - \tau_3) \left(\frac{s - s_2}{s_3 - s_2} \right); \quad (iv)$$

$$s > s_3 : \tau = \tau_3 = \beta \tau_1 \quad \beta \in [0,1]. \quad (v)$$

3 Modeling

3.1. Description of the modeled experimental set-up

A standard pull-pull set-up for standard FRP-concrete delamination test (see [11]) is simulated. The experimental set-up is depicted in Fig. 3.

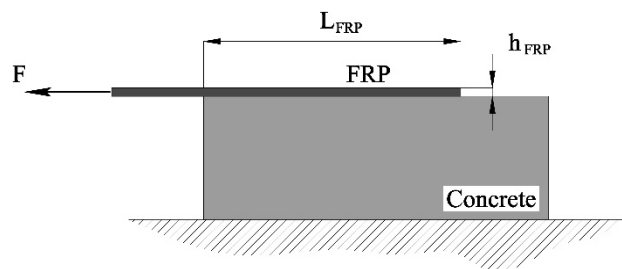


Fig. 3. A pure shear delamination set-up [11].

L_{FRP} is the bond length, h_{FRP} is the thickness of the FRP plate and F stands for the applied load. It should be noted that the value which will be retained for the thickness of the FRP plate is to a large extent conventional. The thickness of the adhesive layer is neglected in the current consideration.

3.2. Modeling of the loss of bond

A two-stage incremental analysis is presumed. Within each step, the position of nodes is updated in function of the adopted stress-slip relationship. It should be noted that the function which defines the stress-slip law has to be inverted in order to obtain the expected node displacement in function of the current stress distribution.

The flow chart of the numerical procedure is presented in Fig. 4.

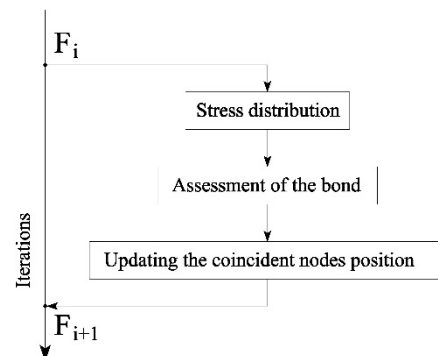


Fig. 4. Flow chart of the numerical procedure.

Iterations (Fig. 4) are over the applied load F . After defining the stress distribution, the chosen bond-slip law is applied (see Fig. 4: module “Assessment of the bond”).

To model the progressive damage of the FRP-concrete interface, two sets of coincident nodes are defined. For every coupled set, one of the nodes is attached to the FRP mesh and the other – to the concrete mesh (Fig. 5).

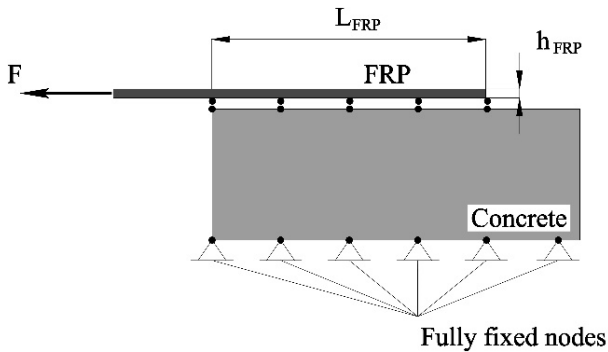


Fig. 5. Initially coupled sets of nodes and boundary conditions.

The other relevant boundary conditions are also shown in Fig. 5.

Further, before the next iteration, the position of the coincident nodes is updated with respect to the chosen constitutive relation that describes the bond.

A bilinear slip-stress law is chosen. For simplicity, the post-peak bond resistance (see Fig. 2) is neglected.

3.3. Material properties

3.3.1. FRP

Generally speaking, the three-dimensional model of the unidirectional FRP material implies the definition of an elasticity matrix corresponding to a medium of transverse isotropy. However, within this study, the FRP material is modeled as a homogeneous and elastic medium of linear mechanical response until failure.

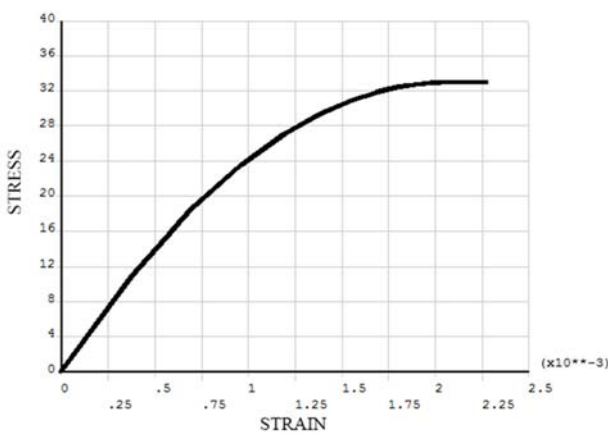


Fig. 6. Stress-strain relationship for concrete: Multilinear isotropic hardening.

3.3.2. Concrete

The mechanical response of the concrete is modeled by postulating a multilinear isotropic hardening rule (Fig. 6).

Mechanical properties of materials are reported in Table 1.

Table 1. Mechanical properties of FRP and concrete.

FRP elasticity modulus	E_{FRP}	8400 MPa
FRP Poisson’s ratio	ν_{FRP}	0,35
Elasticity modulus of concrete	E_c	29075 MPa
Poisson’s ratio of concrete	ν_c	0,2

3.4. Finite element mesh

The general-purpose finite element code ANSYS is used to build the solid model and to generate the finite element mesh which is displayed in Fig. 7.

The finite element model contains 1240 finite elements having a total of 1522 nodes.

In the three-dimensional model Solid185 – a 3-D structural solid, defined by eight nodes having three degrees of freedom at each node: translations in the nodal x -, y -, and z - directions is used to generate the finite element mesh in volumes reserved for the FRP material and for the concrete material.

In order to obtain an uniform mesh, a pre-meshing is done by employing the “not solved” Mesh 200 finite element.

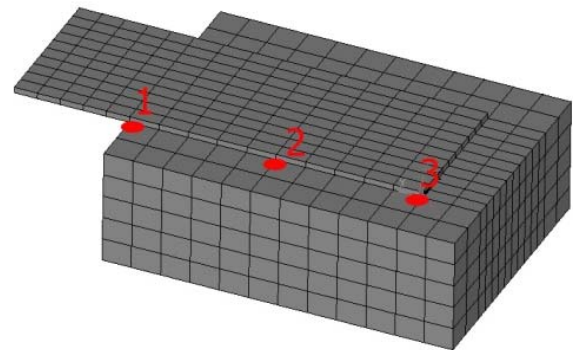


Fig. 7. Finite element mesh.

4 Results

Results obtained by finite element analysis are discussed in this section.

As already stated, the stress-slip relationship depicted in Fig. 2 is inverted and the interface displacement is obtained in function of the shear stress generated by the current value of the applied load F . Local loss of bond action is modeled by uncoupling initially coupled coincident nodes. In Fig. 8 the positions of uncoupled coincident nodes are marked with red ellipses.

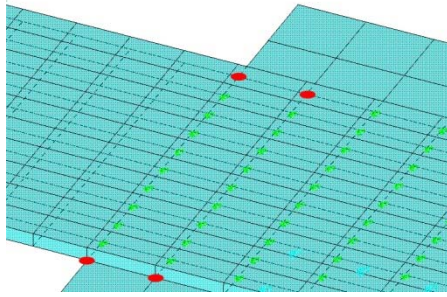


Fig. 8. Uncoupled coincident nodes for $F = 400$ N.

The state of the coincident nodes (coupled or uncoupled) is managed on the basis of the current stress distribution generated by the applied load (Fig. 9)

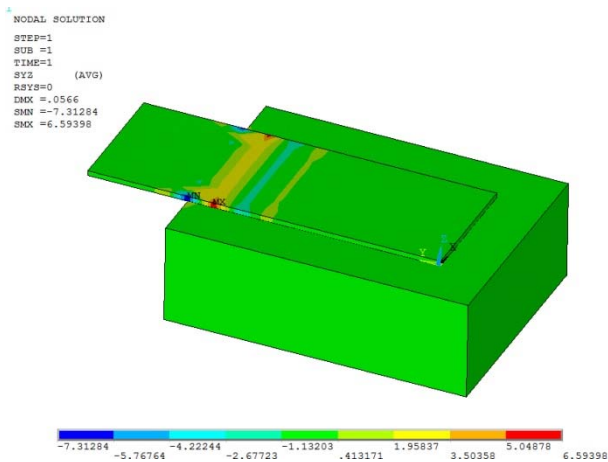


Fig. 9. Stress distribution (for $F = 400$ N) for which the coincident nodes marked in Fig. 8. Should be uncoupled according to the adopted stress-slip relationship.

Displacements of three monitored nodes in time domain are given in Fig. 10, Fig. 11 and Fig. 12. Positions of the monitored nodes conventionally labeled 1, 2 and 3 are depicted in Fig. 7.

It can be seen that node 1 is “activated” long before node 2 whereas the displacement of node 3 remains insignificant compared to the other monitored nodes.

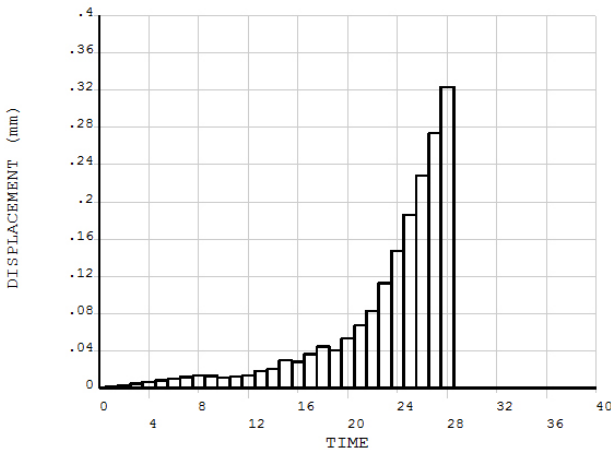


Fig. 10. Displacement of node 1 in time domain.

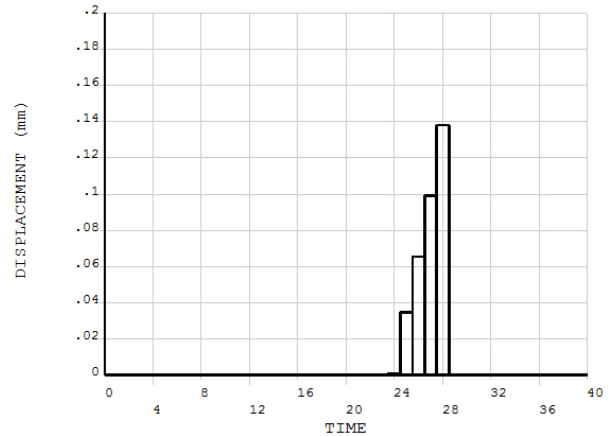


Fig. 11. Displacement of node 2 in time domain.

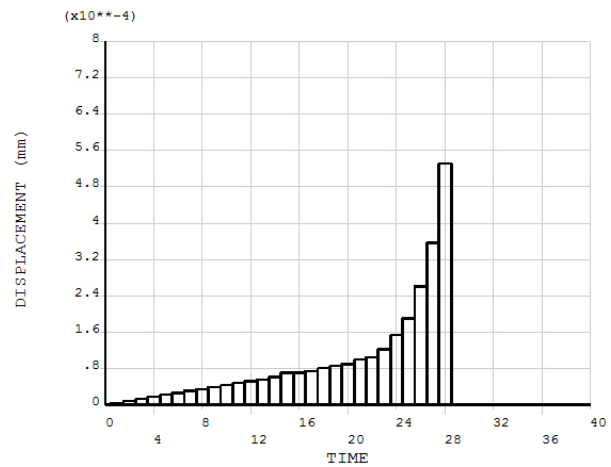


Fig. 12. Displacement of node 3 in time domain.

It should be noted that the analysis of the displacement evolution in time domain is motivated for quasi-static loading; in this case a one-to-one correlation between time and applied load is defined.

5 Concluding remarks and further research

A numerical procedure designed to simulate the loss of bond action between FRP and concrete in FRP-strengthened structural elements has been presented.

The procedure is to be integrated into a general purpose finite element code.

The implementation of the procedure implies accurate modeling including explicit definition of the interfaces where the loss of bond action is a potential failure mode.

Practical use of the procedure requires a calibration of the chosen slip-stress relationship with respect to the specific materials employed in a given case study.

It should be also taken into account that the constitutive laws describing the interface behaviour are generally derived and calibrated for specific load cases. Thus, if the procedure is to be used in modeling of structural elements subjected to more general stress state, a generalization should be presumed, i.e. to account for the possible interaction between mode I and mode II cracks.

Another option for refinement of the proposed numerical procedure is to employ the non-linear slip-stress relationship (i.e. the power law given in section 2.

References

1. Y. Sato, K. Kimura, Y. Kobatake, J. of Structural Construction Engineering, AIJ **500**, 75-82 (1997)
2. L. Lorenzis, B. Miller, A. Nanni, ACI Material Journal, **98**(3), 256-264 (2001)
3. H. Yoshizawa, Z. Wu, H. Yuan, T. Kanakubo, *Transactions of Japanese Society of Civil Engineering, No.662/V-49*, 105-119 (2000)
4. K. Nakaba, T. Kanakubo, T. Furuta, H. Yoshizawa, ACI Structural Journal, **98**(3), 359-367 (2001)
5. Y. Sato, Y. Asano, T. Ueda, Concrete Library International, JSCE, **37**, 97-115 (2000)
6. J. Dai, T. Ueda and Y. Sato, Journal of Composites for Construction, ASCE **9**(1), 52-62 (2005)
7. G. Monti, M. Renzelli, P. Luciani, *Tan KH, editor. FRPRCS-6 conference proceedings*, Singapore, 183-192 (2003)
8. Z. Wu, H. Yuan, H. Niu, J Eng Mech ASCE **128**(5), 562-573 (2002)
9. P. Neto, J. Alfaiate, J. Almeida, E. Pires, J. Vinagre, *Li et al., editors. Proceedings FraMCoS, 2*, Vail, Colorado. USA, 781-786 (2004)
10. H. Yuan, J. Teng, R. Seracino, Z. Wu, J. Yao, Eng Struct **26**(5), 553-565 (2004)
11. M. Chajes, W. Finch Jr, T. Januska, T. Thomson Jr, ACI Struct J, **93**, 208-217 (1996)
12. B. Ferracuti, M. Savoia, C. Mazzotti, Composite Structures **80**, 523-531 (2007)
13. V. Rossetti, D. Galeota, M. Gimmatteo, Materials and Structures **28**, 340-344 (1995)

Стенд за изпитване на механични локомотивни скоростомери

Ненчо Ненов^{1,*}, Емил Димитров², Кръстю Кръстев³ и Васко Николов⁴

¹Технически университет - София и ВТУ „Т. Каблешков”, София, България

²Катедра „Електронна техника“, Технически университет - София, България

³Катедра „Електротехника, Електроника и Автоматика” Технически университет София, ИПФ - Сливен, България

⁴Катедра „Транспортна техника“, ВТУ „Т. Каблешков”, София, България

Резюме. Представена е система за изпитване на механични локомотивни скоростомери, разработена за нуждите на БДЖ. На база дългогодишния опит и действащите нормативни документи в посочената област, е разработен и внедрен в експлоатация стенд за диагностика, изпитване и оценяване на функционалната годност на механични скоростомери на експлоатираните по-старо поколение локомотиви, чийто брой все още е значителен. Чрез настоящия стенд се постига по-високо ниво на контрол на състоянието на т.нар. „черни кутии“ при тяговия подвижен състав, предвид зачестилите в последните години железопътни произшествия и установеното недобро състояние на регистриращите скоростомери.

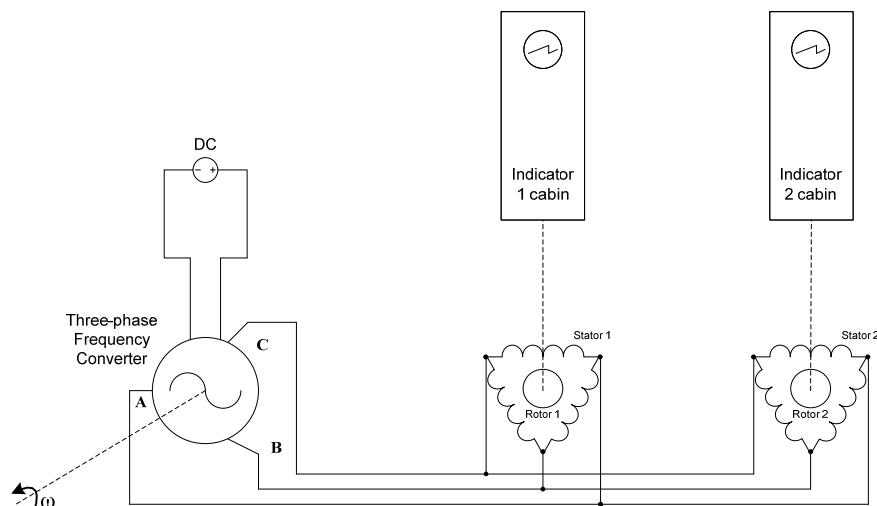
1 Въведение

Настоящото изследване е посветено на проектиране, моделиране, изследване и въвеждане в експлоатация на действащ стенд за диагностика, изпитване и оценяване на функционалната годност на механични скоростомери.

В по-новото поколение локомотиви, експлоатиращи по железопътната мрежа на Р. България се използват съвременни електронни устройства за регистриране на аналогови и цифрови параметри на движението. Такива са системата „Хаслер” тип TEL 1000 и системата KWR тип DSK.

В по-старите локомотиви регистриращата система не е електронна, а механична. Обща схема на механичната скоростомерна инсталация тип „Хаслер” е показана на Фиг. 1. Тъй като броят на тези локомотиви в експлоатация е все още значителен, е необходимо изграждането на специализиран стенд за диагностика и изпитване на механичните регистриращи скоростомери.

Скоростомерната инсталация е изградена от трифазен честотен преобразувател, механично задвижван от една от колоосите на локомотива и във всяка кабина на локомотива по един трифазен синхронен двигател, който задвижва механично стрелкови индикатор и записващо устройство (само в кабина 1).



Фиг. 1. Обща схема на механичната скоростомерна инсталация тип „Хаслер”.

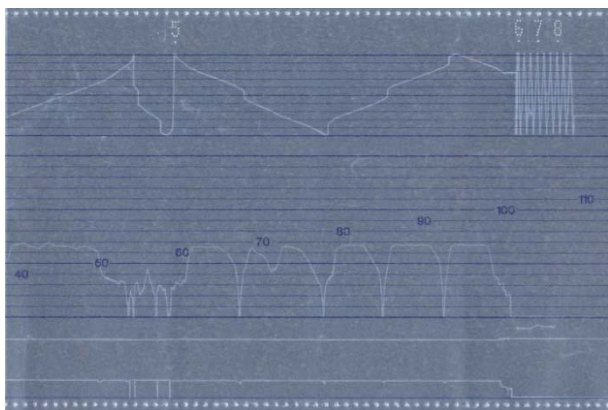
* Corresponding author: nenov@tu-sofia.bg

2 Принципи на работа на скоростомерната инсталация

Механичната скоростомерна инсталация регистрира скоростта на движение в интервала от 0 до 150 (120) км/час. В първа кабина на локомотивите е монтиран степен лентов тахограф тип RT9 (регистриращ), а във втора кабина – тахометър А16 (нерегистриращ). Скоростомерната инсталация регистрира графично, чрез писци върху парафинирана хартиена лента с перфорации в горния и долния край на лентата по дължина, следните параметри:

- астрономическо време - в 24 часова цифрова скала;
- времедвижение и времепрестой в минути;
- скорост на движение - в km/h;
- изминат път;
- устройство за бдителност;
- налягане на въздуха в главния въздухопровод на пневматичната автоматична спирачка, по стойността на което се съди за нейното задействане.

Скоростомерната лента (Фиг. 2) за максимална скорост на движение до 150 km/h съдържа запис за скоростта на движение с мащабен модул 1.



Фиг. 2. Запис за скоростта на движение.

Особеностите при регистрирането на времето върху скоростомерната лента са описани по-долу. Чрез лостова система часовниковият механизъм на скоростомерната уредба „Hasler” задвижва писеца, който извършва постъпателно движение (нагоре и надолу). Максималният ход на писеца е 20 mm, което съответства на време 10 min. Следователно за един астрономически час писецът извършва 6 движения (всяко с продължителност 10 min) - 3 нагоре и 3 надолу. В горния край на горното поле на лентата се маркира астрономическият час с точка под него (в 24 часова скала). Лентодвижещият механизъм на скоростомерната уредба задвижва регистриращата лента с различна скорост:

- при престой - пропорционална на времето (5 mm/h);
- при движение - пропорционална на изминатия път (5 mm/km).

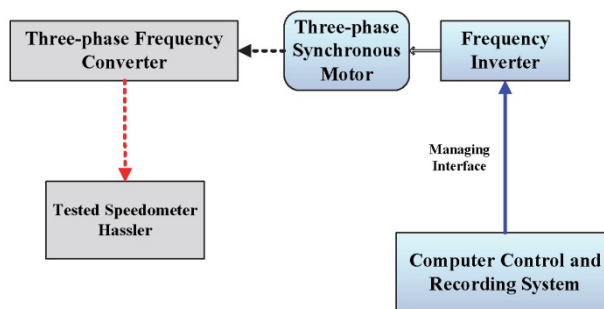
Съчетаването на тези движения регистрира запис върху скоростомерната лента под формата на начупена линия. Наклонът на отсечките на начупената линия зависи от това дали локомотивът се движи или е спрял.

В средното поле на скоростомерната лента се записва изменението на скоростта на движение във функция от изминатия път.

В полето на скоростомерната лента, разположено най-отдолу и с ширина 20 mm се записва стойността на налягането в главния въздухопровод на влака - ГВП (командно за спирачната система на влака, която работи на индиректен принцип) с мащаб 5 bar : 5 mm.

3 Общо устройство и действие на стенда

Най-общ вид на блоковата схема на стенда е показан на Фиг. 3.



Фиг. 3. Блокова схема на стенда.

Разработена е специализирана електронно-измервателна, управляваща и регистрираща система, съдържаща компютърна управляваща и регистрираща система, честотен инвертор (Фиг. 4) и трифазен синхронен двигател.

Променливотоковото задвижване TD1707 – 230VAC, 1,5 kW е с широк обхват за регулиране на скоростта (за нуждите на стенда това е обхвата от 0 до 800 min⁻¹). Основните характеристики на инвертора са:

- захранващо напрежение – 230 VAC, -10%, +5% , 50(60) Hz;
- консумирана мощност – до 1,5 kW;
- галванично разделен интерфейс RS-232;
- диапазон за задаване на скоростта на въртене на вала – от 0 до ±32 000 min⁻¹.



Фиг.4. Общ вид на честотния инвертор.

След механичното свързване на изпитваните тахо-преобразувател (трифазен честотен преобразувател) и регистриращ скоростомер, от компютърната система се стартира работната програма. На Фиг. 5 е показан работен екран на компютърната програма на стенда.

От падащи менюта се избира комуникационен порт, осъществява се свързване на порта, въвежда се серийният номер на изпитваните апарати и се стартира процеса на изпитване. В работно поле последователно се избират стойности на скоростта от 0 до 150 km/h например със стъпка 10 km/h.

Системата е изключително прецизна, като операторът следи желаната скорост по стрелковото показание на изпитвания скоростомер и когато е достигната, потвърждава показанието (при зелен цвят на контролния квадрат за установен режим). Компютърната система записва скоростта и съответстващата честота на въртене на синхронния двигател. Изчислява се относителна процентна грешка между еталонните стойности и действително измерените.

В края на процеса ръчно се извършва проверка на изискуемите от ПЛС 412/88 проверки на скоростомерната лента (показани в дясната част на екрана) и при изправност се маркират полетата „ДА“.

След приключване на изпитването се записва архивен файл и се разпечатва протокол от изпитването (Фиг. 6).

4 Изводи и заключения

Специализираният стенд за диагностика и изпитване на механичните регистриращи скоростомери на локомотивите е внедрен в експлоатация в локомотивно депо гр. Пловдив, „БДЖ Пътнически превози“ ЕООД и е единствен в България.

Освен заложените функции за диагностика и оценяване състоянието на скоростомерните апарати,

стендът позволява, както провеждане на значителна по възможностите си научноизследователска дейност, така и извършване и изготвяне на прецизни технически експертиза при възникване на нежелани железопътни произшествия и инциденти в изпълнение на нормативните изисквания на Наредба № 59 от 5 декември 2006 г. за управление на безопасността в железопътния транспорт [2].

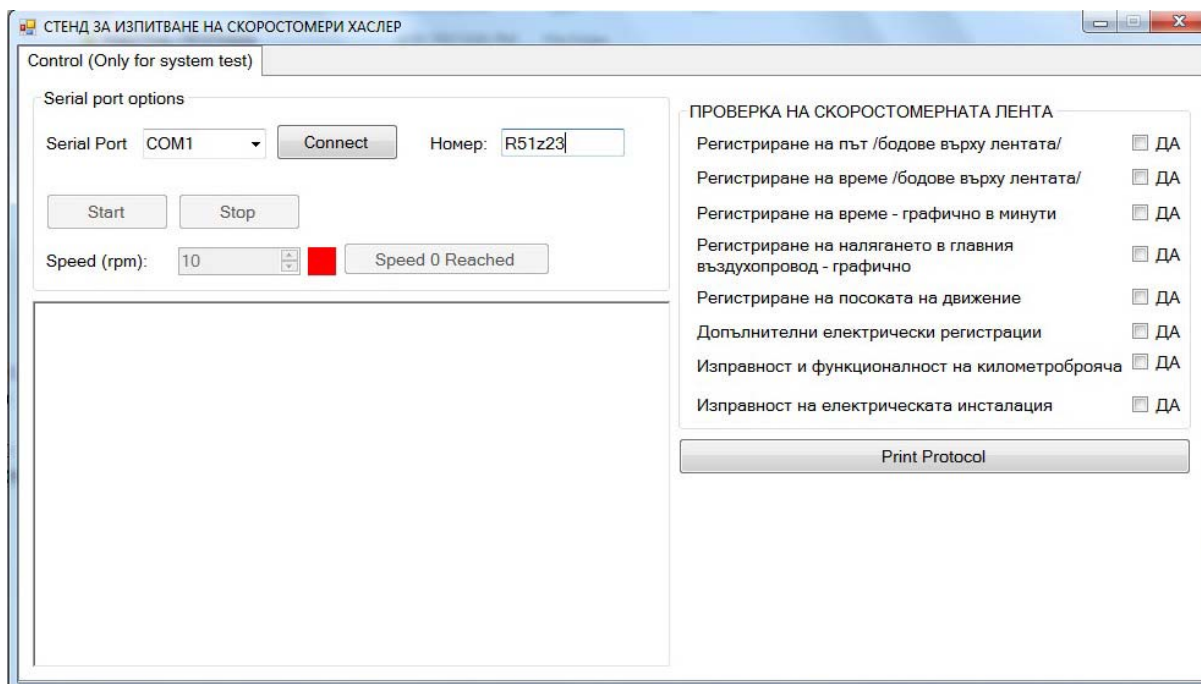
References

1. Инструкция за локомотивните скоростомерни инсталации "ХАСЛЕР" на БДЖ, ПЛС 412/88.
2. Наредба № 59 от 5 декември 2006 г. за управление на безопасността в железопътния транспорт, ДВ. бр.102 от 19 Декември 2006 г.

Stand for testing of mechanical locomotive speedometers

Nencho Nenov, Emil Dimitrov, Krustyu Krastev and Vasko Nikolov

Abstract. A system for testing of mechanical locomotive speedometers, developed for the needs of BDZ, is presented. On the basis of the long-standing experience and the existing normative documents in this field, a bench for diagnostics, testing and evaluation of the functional fitness of mechanical speedometers of the older generation of used locomotives has been developed and put into operation, the number of which is still significant. This electronic stand provides a higher level of control of the state of the so- "Black boxes" in the traction rolling stock, given the recent rail accidents and the established bad status of speed recorder.



Фиг. 5. Работен екран на компютърната програма на стенда.

„БДЖ ПЪТНИЧЕСКИ ПРЕВОЗИ“ ЕООД
 ЛОКОМОТИВНО ДЕПО ПЛОВДИВ
 ВЕДОМСТВЕНА ЛАБОРАТОРИЯ ЗА
 ИЗПИТВАНЕ НА СКОРОСТОМЕРНИ ИНСТАЛАЦИИ „ХАСЛЕР“

ПРОТОКОЛ

1. Скоростомер тип: RT9
2. Фабричен No 444
3. СТЕНДОВИ ИЗПИТАНИЯ

Скорост (км/ч)	Еталонни Обороти	Зададени Обороти	Грешка (%)
10	53	54	-1.23
20	107	108	-1.23
30	160	161	-0.62
40	213	214	-0.31
50	267	265	0.63
60	320	322	-0.62
70	373	375	-0.44
80	427	428	-0.31
90	480	482	-0.41
100	533	534	-0.12
110	587	588	-0.23
120	640	643	-0.47
130	693	695	-0.24
140	747	745	0.22

4. ПРОВЕРКА НА СКОРОСТОМЕРНАТА ЛЕНТА

- 4.1 Регистриране на път /бодове върху лентата/ (0,5 км \equiv 2,5 мм) **ДА**
- 4.2 Регистриране на време /бодове върху лентата/..... **ДА**
- 4.3 Регистриране на време - графично в минути..... **ДА**
- 4.4 Регистриране на налягането в главния въздухопровод - графично..... **ДА**
- 4.5 Регистриране на посоката на движение..... **ДА**
- 4.6 Допълнителни електрически регистрации..... **ДА**
- 4.7 Изправност и функционалност на километроброяча..... **ДА**
- 4.8 Изправност на електрическата инсталация..... **ДА**

Дата: 27.5.2017 г.

Извършил проверката:

Фиг. 6. Протокол от изпитването.

Привеждане в номинален вид на критерия против дерайлиране на железопътни возила

Добринка Атнаджова^{1,*}

¹Катедра „Транспортна техника“, Факултет „Техника и строителни технологии в транспорта“, Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“ - София, ул. Гео Милев 158, България

Abstract. Предложен е метод за определяне на номиналните сили в контактните точки „колело-релса“ на една колоос и е проведен анализ на възможните методически грешки, като е доказано, че техният относителен дял при възможно най-неблагоприятни условия е под 1,5 %. Изведен е т. нар. „номинален критерий“ срещу дерайлиране на базата на номиналните сили и е определена неговата първа гранична стойност в зависимост от 7 физически величини, от които с най-силно влияние са вертикалните натоварвания на колелата и височината на директрисата на рамната сила Y_p , приложена към колооста. От зависимостите за първата гранична стойност като частни случаи се получават критериите на Nadal и Марье.

1 Въведение

Проблемите за осигуряване безопасността срещу дерайлиране на железопътния подвижен състав съществуват от времето на зараждането му. Въпреки все по-голямото използване на високи технологии в системите осигуряващи безопасността на движение на влаковете [1,2,3], възниква необходимостта и от теоретично определяне на безопасността срещу дерайлиране [4]. Първите теоретични зависимости по тези проблеми са дадени от Поше в 1882 г. По-късно тези зависимости се доразвиват от Марье Г., Nadal M. J. и др., и влизат в основите на съвременната теория за устойчивостта срещу дерайлиране в железопътния транспорт. Изключително съществен е приноса на Nadal M. J., който в 1908 г. предлага актуалната и до днес работна формула [5,6,7,8]

$$\frac{Y}{Q} < \frac{\operatorname{tg}\beta - \mu}{1 + \mu \operatorname{tg}\beta} = \operatorname{tg}(\beta - \rho), \quad (1)$$

където: Y и Q са съответно хоризонталната напречна сила и вертикалното натоварване, предавани от атакуващото колело върху релсата в контактната точка; β – ъгълът на наклона на образуващата на ребора в правата му част или в инфлексната точка (ако няма права част); μ и ρ – съответно коефициент на триене и ъгъл на триене между ребора и релсата.

Тази формула, макар и не съвсем точна, отразява сравнително пълно влиянието на основните силови и геометрични фактори за предотвратяване на дерайлирането (без отчитане влиянието на спирания процес върху вертикалното натоварване на вагонните колела, което е изследвано в [9]). В 30-те години на миналия век Марье Г. внася корекция във формулата на Nadal

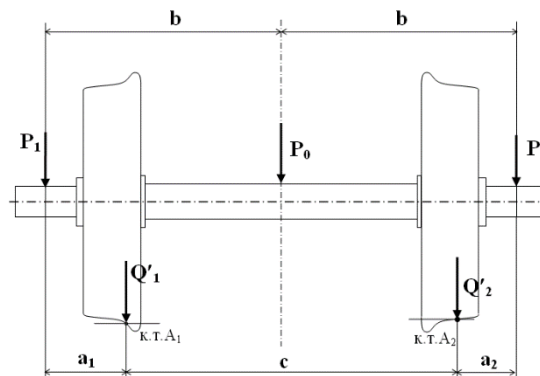
с отчитане на триещото усилие на неатакуващото колело.

За привеждане в номинален вид на критерия против дерайлиране е необходимо участващите в него величини да бъдат номинални, т.е. „чисти“, без странични влияния.

Номинална хоризонтална сила е рамната сила Y_p , която е активна външна сила между рамата на талигата и колооста.

Номинални вертикални сили в контактните точки между колелата и релсите са вертикалните сили Q'_1 и Q'_2 , които са резултанти на всички вертикални сили на колооста; макар и от пръв поглед да изглеждат абстрактни, всъщност те имат напълно реални стойности, получени от решение чрез използване принципа на суперпозицията. При това в сила са следните зависимости (Фиг. 1):

$$Q'_1 + Q'_2 = \sum_{i=0}^2 P_i = P_1 + P_2 + P_0; \quad (2)$$



Фиг.1. Изчислителна схема за определяне на номиналните вертикални сили Q'_1 и Q'_2 в контактните точки A_1 и A_2 .

* Corresponding author: atmadzhova@abv.bg

$$\sum m_{A_2}(P_i) = 0: Q'_1 = [P_1 2b + P_0 b - (P_1 + P_2 + P_0) a_2] / c$$

и окончателно – за номиналната вертикална сила Q'_1 :

$$Q'_1 = \frac{b}{c} (2P_1 + P_0) - \frac{a_2}{c} \sum_{i=0}^2 P_i; \quad (3)$$

$$\sum m_{A_1}(P_i) = 0: Q'_2 = [P_2 2b + P_0 b - (P_1 + P_2 + P_0) a_1] / c$$

и окончателно – за номиналната вертикална сила Q'_2 :

$$Q'_2 = \frac{b}{c} (2P_2 + P_0) - \frac{a_1}{c} \sum_{i=0}^2 P_i. \quad (4)$$

Абсолютната грешка на метода $\Delta Q'_1$ и $\Delta Q'_2$ при определяне на номиналните вертикални сили Q'_1 и Q'_2 съгласно (3) и (4) намираме от пълния диференциал при променливи: c , a_1 и a_2 , т.е.:

$$\Delta Q'_1 = \left[\frac{-b}{c^2} (2P_1 + P_0) + \frac{a_2}{c^2} \sum_{i=0}^2 P_i \right] dc - \frac{1}{c} \sum_{i=0}^2 P_i da_2; \quad (5)$$

$$\Delta Q'_2 = \left[\frac{-b}{c^2} (2P_2 + P_0) + \frac{a_1}{c^2} \sum_{i=0}^2 P_i \right] dc - \frac{1}{c} \sum_{i=0}^2 P_i da_1, \quad (6)$$

като: в първия случай, при определяне $\Delta Q'_1$ променливите са c и a_2 , при което dc и da_2 по правило са с противоположни знаци и еднакви абсолютни стойности, т.е. $dc = -da_2$; във втория случай, при определяне на $\Delta Q'_2$, променливата a_1 (т.е. координатата на контактната точка на реборда) се изменя незначително, поради което я приемаме за константа и тогава $da_1 \rightarrow 0$, и последния член на (6) отпада.

В експлоатационни условия, при движение най-значително е изменението на координатите a_2 и c ; при приемане максимален диапазон на изменение 40 mm или ± 20 mm спрямо средно положение, взимаме за пример:

1^{оо} – колоос на празен товарен вагон при:

$P_1 = 21$ kN, $P_2 = 19$ kN, $P_0 = 10$ kN, $a_1 \approx 290$ mm (приета за константа) $a_2 = 250$ mm, $b = 1000$ mm, $c = 1460$ mm, $da_1 = 0$ mm, $da_2 = -20$ mm, $dc = 20$ mm, получаваме:

$$Q'_1 = 27,054 \text{ kN и } Q'_2 = 22,945 \text{ kN.}$$

Абсолютната грешка:

$$\Delta Q'_1 = 0,314 \text{ kN и } \Delta Q'_2 = -0,333 \text{ kN.}$$

Относителната грешка:

$$\Delta Q'_1 / Q'_1 = 0,0116 = 1,16\% \text{ и}$$

$$\Delta Q'_2 / Q'_2 = -0,0145 = -1,45\%.$$

2^{оо} – колоос на товарен вагон в натоварено състояние при:

$P_1 = 100$ kN, $P_2 = 90$ kN, $P_0 = 10$ kN, запазвайки другите параметри a_1 , a_2 , b , c , da_1 , da_2 , dc със същите параметри, получаваме:

$$Q'_1 = 109,589 \text{ kN и } Q'_2 = 90,410 \text{ kN.}$$

Абсолютната грешка:

$$\Delta Q'_1 = 1,238 \text{ kN и } \Delta Q'_2 = -1,238 \text{ kN.}$$

Относителната грешка:

$$\Delta Q'_1 / Q'_1 = 0,0113 = 1,13\% \text{ и}$$

$$\Delta Q'_2 / Q'_2 = -0,0137 = -1,37\%.$$

Следователно, във всички случаи относителната методична грешка по приложението метод е под 1,5 % за колоос от празен товарен вагон; за колоос от натоварен вагон относителната грешка е още по-малка, а при следене или регистриране на координатата a_2 , респективно c може да се постигне драстично намаляване на погрешността.

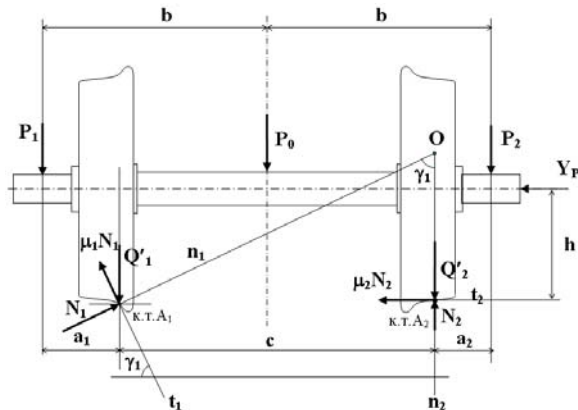
Освен това, определянето на външните натоварвания P_1 и P_2 и константното натоварване P_0 по теоретичен и експериментален път, включително в експлоатационни условия при движение, е възможно дори при прилагане на рутинни методи и измерителни средства.

2 Математическа обосновка на критерий против дерайлиране в номинален вид и I-та му гранична стойност

За математическата обосновка на горе-формулираната задача ще изходим от общоприетото условие, че колооста е осигурена против дерайлиране, ако от приповдигнато положение на атакуващото колело, така че то да контактува със закръгления ръб на релсата в коничната или инфлексната зона на реборда си – действащите сили да са в състояние да го възвърнат към изходното нормално положение върху релсата.

Изчислителната схема на задачата е дадена на Фиг. 2, където атакуващото колело 1 контактува към заобления ръб на релсата чрез реборда с контактна точка A_1 в коничната зона (или, ако няма такава, в инфлексната зона), където ъгълът на наклона γ_1 спрямо хоризонталата има максимална стойност, а неатакуващото колело контактува с контактната точка A_2 от повърхнината на търкаляне към **горната повърхност на релсовата глава**; поради малкия наклон на повърхнината на търкаляне в контактната точка A_2 ($\gamma_2 < 2^\circ$), тук при изследванията той ще бъде приет за нулев ($\gamma_2 = 0^\circ$). Коефициентът на триене и ъгълът на триене „колело-релса“ са означени съответно с μ и ρ , носещи индекси „1“ или „2“ съответно за атакуващото или неатакуващото колело. Вертикалните сили P_1 и P_2 , предавани от конструкцията, са приложени върху осните шийки към колелата съответно 1 и 2, а силата P_0 от собственото тегло на колооста е приложена в нейния център; хоризонтална сила Y_p , предавана от конструкцията върху колооста, известна като „рамна сила“ е приложена на разстояние h във вертикална посока от хоризонталната равнина на релсовите глави, при което се приема,

че това разстояние може да не е само равно, но също така по-малко или по-голямо спрямо радиуса на колелата. Реактивните сили N_1 и N_2 в контактните точки съответно A_1 и A_2 са с направления на съответните нормали n_1 и n_2 към опорните повърхнини, а породените от тях сили на триене $\mu_1 N_1$ и $\mu_2 N_2$ – с направления на съответните тангенти t_1 и t_2 и с противоположни посоки на заложените премествания.



Фиг.2. Изчислителна схема с прилагане принципа на виртуалните премествания.

За решаване на гореописаната система ще приложим принципа на виртуалните премествания от аналитичната механика.

Съгласно принципа на виртуалните премествания, елементарната работа δA на системата е равна на сумата от елементарните работи $\sum \delta A_i$ на всички активни сили при всяко възможно преместване на системата, като е равна на нула при равновесие, т.е.

$$\delta A = \sum \delta A_i = 0. \tag{8}$$

Активните сили са обикновено външни, зададени, известни и напълно определени по големина, начин на действие и други характеристики. При неидеални системи, каквато е разглежданата тук колоос, **силите на триене се третират като активни.**

Като се има предвид, че възможните (виртуалните) премествания на разглежданата колоос в опорите (контактните точки A_1 и A_2) са по направленията на съответните тангенти t_1 и t_2 (Фиг. 2) към опорните повърхнини, то нормалите n_1 и n_2 към същите повърхнини в същите контактни точки при пресичането си определят **точката O, известна като полюс на завъртане на колооса** – завъртане във вертикалната напречна (спрямо пътя) равнина. И така, понеже възможното (виртуалното) преместване на колооса представлява ъгъл на завъртане $\delta\theta$, то елементарната работа δA_i при това завъртане представлява произведение от момента на активната сила $m_0(F_i)$ спрямо полюса на въртенето т. O по елементарния ъгъл на завъртане $\delta\theta$, т.е.:

$$\delta A_i = m_0(F_i) \delta\theta, \tag{9}$$

а сумата от тези елементарни работи $\sum \delta A_i$ може да се изрази както следва:

$$\sum \delta A_i = \sum m_0(F_i) \delta\theta = \sum m_0(F_i) \delta q_j \tag{10}$$

и понеже, както е известно, сумата от елементарните работи е равна на произведението на обобщената сила Q_j по обобщеното преместване δq_j т.е.:

$$\sum \delta A_i = Q_j \delta q_j \tag{11}$$

следва, че обобщената сила, равна на нула, представлява сумата от моментите на активните сили F_i спрямо полюса на завъртане т. O, т.е.

$$Q_j = \sum m_0(F_i) = 0. \tag{12}$$

Полученото уравнение (12), конкретизирано за разглежданата колоос, приема вида:

$$Q_j = \sum m_0(P_i) + m_0(Y_p) + \sum m_0(\mu_i N_i) = 0, \tag{13}$$

където: $\sum_{i=0}^2 m_0(P_i)$ е сумата от моментите на вертикалните сили P_1, P_2 и P_0 , като:

$$\sum_{i=0}^2 m_0(P_i) = P_1(2b - a_2) - P_2 a_2 + P_0(b - a_2); \tag{14}$$

$m_0(Y_p)$ е моментът на рамната сила, определен както следва:

$$m_0(Y_p) = -Y_p(c \cot \gamma_1 - h); \tag{15}$$

$\sum_{i=0}^2 m_0(\mu_i N_i)$ е сумата от моментите на триещите сили в опорите, определена както следва:

$$\sum_{i=0}^2 m_0(\mu_i N_i) = -\mu_1 N_1 \frac{c}{\sin \gamma_1} - \mu_2 N_2 c \cot \gamma_1. \tag{16}$$

При заместване на (14), (15) и (16) в (13) и освен това, след преобразуване на последното в неравенство, взимайки под внимание, че само вертикалните сили P_1 и P_0 ще действат за възвръщане на колооса в нормално положение, т.е. ще възпрепятстват дерайлирането, имаме:

$$P_1(2b - a_2) - P_2 a_2 + P_0(b - a_2) - Y_p(c \cot \gamma_1 - h) - \mu_1 N_1 c / \sin \gamma_1 - \mu_2 N_2 c \cot \gamma_1 = 0. \tag{17}$$

Реактивните сили N_1 и N_2 , действащи по нормалите съответно n_1 и n_2 и пораждащи триещите сили $\mu_1 N_1$ и $\mu_2 N_2$ в момента (по-точно – в мига) на започване на преместването на колелото към нормалното положение, се определят от моментните уравнения спрямо контактните точки A_1 и A_2 , както следва:

$$N_1 = [\sum_{i=0}^2 m_{A_2}(P_i) + Y_p h] / [c(\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)]; \tag{18}$$

$$N_2 = [\sum_{i=0}^2 m_{A_1}(P_i) - Y_p h] / c. \tag{19}$$

Вземайки под внимание, че по дефиниция номиналните вертикални сили Q'_1 и Q'_2 в контактните точки A_1 и A_2 са резултанти на системата реално действащи вертикални сили P_i ($i = 0, 1, 2$), заместваем моментите на последните, т.е. първите 3 члена на (17), с момента $Q'_1 c$, и по същите съображения в (18) и (19).

След извършване на горните замествания в (18), (19) и (17), последното, преобразувано в неравенство, добива следния вид:

$$Q'_1 c > Y_p (c \cot \gamma_1 - h) + \mu_1 \frac{Q'_1 c + Y_p h}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} + \mu_2 [Q'_2 c - Y_p h] / \operatorname{tg} \gamma_1. \quad (20)$$

По-нататък, след допълнително разчленяване и групиране по сили (20) се представя във вида:

$$Q'_1 c \left[1 - \frac{\mu_1}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} \right] - Q'_2 c \frac{\mu_2}{\operatorname{tg} \gamma_1} > Y_p \left[(c \cot \gamma_1 - h) + \frac{\mu_1 h}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} - \frac{\mu_2 h}{\operatorname{tg} \gamma_1} \right], \quad (21)$$

а след делене на $Q'_1 c$, и обособяване на отношението Y_p/Q'_1 , получаваме формулата:

$$\frac{Y_p}{Q'_1} < \frac{1 - \frac{\mu_1}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} - \frac{Q'_2}{Q'_1} \frac{\mu_2}{\operatorname{tg} \gamma_1}}{\cot \gamma_1 - \frac{h}{c} + \frac{\mu_1 h/c}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} - \frac{\mu_2 h/c}{\operatorname{tg} \gamma_1}} \quad (22)$$

или с думи: условието за безопасност срещу дерайлиране на подвижния железопътен състав е удовлетворено, ако критерия срещу дерайлиране Y_p/Q'_1 , определен от хоризонталната и вертикална сили, заема стойности, които са по-малки, или в краен случай, равни на стойността на дясната част на (22), която е определена главно от конструктивни параметри (бандажния профил и височината h) и от разпределение на колесното натоварване Q'_2/Q'_1 ; а от своя страна стойността на дясната част на (22), както ще видим по-подробно в следващата глава, определя I-та гранична стойност на критерия срещу дерайлиране, означена с $(Y_p/Q'_1)_I$ и представляваща граница между безопасното състояние срещу дерайлиране (характеризиращо се със способността за самовъзвръщане на колооста към нормално положение) и състоянието на застой (триене), характеризиращо се със загубване на тази способност.

Горното определение за I-та гранична стойност (или съкратено – гранична стойност) на критерия срещу дерайлиране може да се запише във вида:

$$\left(\frac{Y_p}{Q'_1} \right)_I = \frac{1 - \frac{\mu_1}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} - \frac{Q'_2}{Q'_1} \frac{\mu_2}{\operatorname{tg} \gamma_1}}{\cot \gamma_1 - \frac{h}{c} + \frac{\mu_1 h/c}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} - \frac{\mu_2 h/c}{\operatorname{tg} \gamma_1}}. \quad (22a)$$

В съкратен вид, който може да бъде удобен за някои случаи, условието за безопасност срещу дерайлиране се записва както следва:

$$\frac{Y_p}{Q'_1} < \frac{u_1}{u_0} - \frac{Q'_2}{Q'_1} \frac{u_2}{u_0} = \left(\frac{Y_p}{Q'_1} \right)_I, \quad (22b)$$

където:

$$u_0 = \cot \gamma_1 - \frac{h}{c} + \frac{\mu_1 h/c}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} - \frac{\mu_2 h/c}{\operatorname{tg} \gamma_1}; \quad (23)$$

$$u_1 = 1 - \mu_1 / [\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)]; \quad (24)$$

$$u_2 = \mu_2 / \operatorname{tg} \gamma_1. \quad (25)$$

При $h = 0$ и $Q'_2/Q'_1 = 0$ формула (22), респективно (22a) добива вида на **формулата на Nadal**:

$$\frac{Y_p}{Q'_1} < \left[1 - \frac{\mu_1}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} \right] / \cot \gamma_1$$

и окончателно: $\frac{Y_p}{Q'_1} < \operatorname{tg}(\gamma_1 - \rho_1) = \frac{\operatorname{tg} \gamma_1 - \mu_1}{1 + \mu_1 \operatorname{tg} \gamma_1}$.

При $h = 0$ и $Q'_2/Q'_1 \neq 0$ формула (22) респективно (22a) добива вида на **формула на Марье**:

$$\frac{Y_p}{Q'_1} < \frac{1 - \frac{\mu_1}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)}}{\cot \gamma_1} - \frac{Q'_2}{Q'_1} \frac{\mu_2 / \operatorname{tg} \gamma_1}{\cot \gamma_1} \quad \text{и}$$

$$\frac{Y_p}{Q'_1} < \frac{\operatorname{tg} \gamma_1 - \mu_1}{1 + \mu_1 \operatorname{tg} \gamma_1} - \frac{Q'_2}{Q'_1} \mu_2.$$

Прави впечатление, че височината h на директрисата на хоризонталната рамна сила Y_p спрямо хоризонталната равнина на контактните точки на колелата с релсите, оказва силно влияние върху стойностите на критерия Y_p/Q'_1 това се вижда от формула (22) и поточно от резултатите от изчисленията с реални данни от експлоатацията, изложени в Таблицы 1 и 2.

Показателно е прогресивното нарастване на $(Y_p/Q'_1)_I$ с увеличаване на височината h и достигане до една определена гранична стойност h_{ep} , респективно на отношението $(h/c)_{ep}$, при която (и над която) не е възможно да настъпи дерайлиране. Граничната стойност $(h/c)_{ep}$ зависи от параметрите на бандажните профили на колелата ($\gamma_1, \mu_1, \gamma_2, \mu_2$) в контактните точки и се определя от условието за анулиране на знаменателя на (22), съгласно зависимостта:

$$\left(\frac{h}{c} \right)_{ep} = \frac{\cot \gamma_1}{\frac{\mu_1}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} - \frac{\mu_2}{\operatorname{tg} \gamma_1} - 1}, \quad (26)$$

като при параметри: $\gamma_1 = 70^\circ, \mu_1 = 0,35, \gamma_2 = 0$ и $\mu_2 = 0,25$ се получава: $(h/c)_{ep} = 0,679$, а при: $\gamma_1 = 60^\circ, \mu_1 = 0,25, \gamma_2 = 0$ и $\mu_2 = 0,25$ – $(h/c)_{ep} = 0,779$.

Граничните височини h_{zp} при тези условия са съответно 991 mm и 1137 mm.

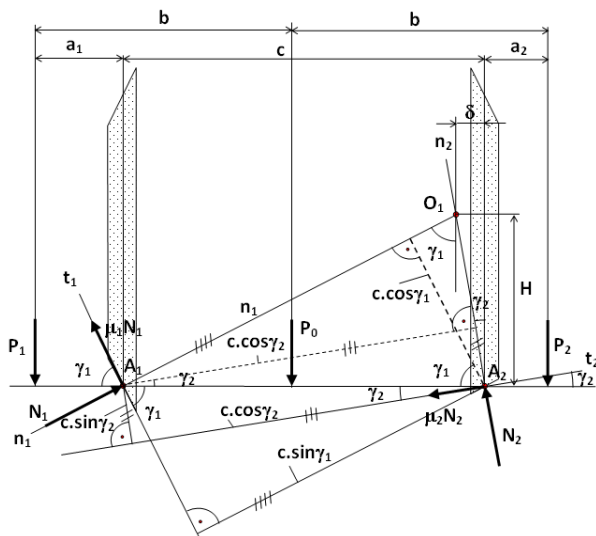
Таблица 1. Гранични стойности на номиналния критерий срещу дерайлиране $(Y_p/Q'_1)_l$ в зависимост от h/c при различни стойности на h и Q'_2/Q'_1 , за фиксирани $\gamma_1 = 70^\circ$, $\mu_1 = 0,35$ и $\mu_2 = 0,25$.

h, mm	h/c	$(Y_p/Q'_1)_l$ при Q'_2/Q'_1				
		0,5	0,66	1	1,5	2
0	0	1,095	1,055	0,970	0,845	0,721
300	0,2054	1,444	1,391	1,279	1,114	0,949
460	0,3150	1,716	1,654	1,521	1,325	1,129
500	0,3424	1,798	1,733	1,593	1,388	1,183
600	0,4109	2,037	1,963	1,804	1,572	1,339
730	0,5	2,440	2,351	2,162	1,883	1,605
920	0,6301	3,352	3,229	2,969	2,587	2,204

Таблица 2. Гранични стойности на номиналния критерий срещу дерайлиране $(Y_p/Q'_1)_l$ в зависимост от h/c при различни стойности на h и Q'_2/Q'_1 , за фиксирани $\gamma_1 = 60^\circ$, $\mu_1 = 0,25$ и $\mu_2 = 0,25$.

h, mm	h/c	$(Y_p/Q'_1)_l$ при Q'_2/Q'_1				
		0,5	0,66	1	1,5	2
0	0	0,908	0,868	0,783	0,658	0,533
300	0,2054	1,142	1,092	0,985	0,828	0,671
460	0,3150	1,312	1,255	1,132	0,951	0,770
500	0,3424	1,362	1,302	1,174	0,987	0,799
600	0,4109	1,499	1,433	1,293	1,086	0,880
730	0,5	1,715	1,640	1,479	1,243	1,007
920	0,6301	2,139	2,045	1,845	1,550	1,256

Допусканата методическа грешка при прилагане на формула (22) се дължи главно на пренебрегване на наклона на бандажа в контактната точка A_2 , намираща се в повърхнината на търкаляне на неатакуващото колело. Поради това допускане центърът на завъртане т. O се получава на вертикалата, прекарана през контактната точка A_2 , докато в действителност той е отклонен хоризонтално от тази вертикала навътре, т.е. наляво на разстояние δ , съгласно Фиг. 3 – там, където се пресичат нормалите n_1 и n_2 към контактните точки A_1 и A_2 на съответните допирни повърхнини.



Фиг. 3. Обяснителна схема на формула (26).

Хоризонталното отклонение δ на центъра на завъртане т. O_1 спрямо вертикалата през контактната точка A_2 ще бъде определена от уравненията:

$$(c - \delta) / H = \text{tg} \gamma_1; \quad \delta / H = \text{tg} \gamma_2, \quad (27)$$

които са съставени въз основа на правоъгълния триъгълник с хипотенуза A_1O_1 и прилепения към него по-малък правоъгълен триъгълник с хипотенуза A_2O_1 и остър ъгъл γ_2 при върха O_1 (Фиг. 3).

След заместване в първото уравнение от (27) на H , определено от второто уравнение на същата система се получава:

$$\delta = c \text{tg} \gamma_2 / [\text{tg} \gamma_1 + \text{tg} \gamma_2], \quad (28)$$

от където при $\gamma_1 = 70^\circ$, $\gamma_2 = 3^\circ$ ($1/19$), $c = 1460$ mm се получава $\delta = 27,33$ mm; $H = 521,49$ mm, а при $\gamma_2 \approx 1,5^\circ$ (стандартен профил) се получава $\delta = 13,82$ mm.

Тъй като величината δ представлява разстоянието, което участва в математическите зависимости обикновено като сума с разстоянието $c \gg \delta$, то от съотношението δ/c може да се добие ориентировъчна представа за допусканата относителна грешка при използване на формула (22). Изходното уравнение на обобщената сила, директно преобразувано в неравенство, е представено като такова с (29), а именно:

$$\sum_{i=0}^2 m_0(P_i) > m_{01}(Y_p) + \sum_{i=0}^2 m_{01}(\mu_i N_i) \quad (29)$$

и по-нататък са развити отделните му блокове (съставляващи), като зададените реални вертикални сили P_i ($i = 0, 1, 2$) са заместени с техните резултати – номиналните вертикални сили Q'_1 и Q'_2 , чиито директриси минават през контактните точки.

$$\sum_{i=0}^2 m_0(P_i) = P_1(2b - a_2 - \delta) - P_2(a_2 + \delta) + P_0(b - a_2 - \delta) = Q'_1(c - \delta) - Q'_2 \delta; \quad (30)$$

$$m_{01}(Y_p) = Y_p [(c - \delta) \text{cotg} \gamma_1 - h]; \quad (31)$$

$$\sum_{i=0}^2 m_{01}(\mu_i N_i) = \mu_1 N_1 \frac{c - \delta}{\sin \gamma_1} + \frac{\mu_2 N_2 (c - \delta) \text{cotg} \gamma_1}{\cos \gamma_2}, \quad (32)$$

където реакциите в опорите N_i ($i = 1, 2$) се определят от моментните уравнения спрямо контактните точки A_1 и A_2 , както следва:

от $\sum m_{A_2}(F_i) = 0$:

$$N_1 = \frac{\sum_{i=0}^2 m_{A_2}(P_i) + Y_p h}{c(\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} = \frac{Q'_1 c + Y_p h}{c(\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)}; \quad (33)$$

от $\sum m_{A_1}(F_i) = 0$:

$$N_2 = \frac{\sum_{i=0}^2 m_{A_1}(P_i) + Y_p h}{c(\cos \gamma_2 - \mu_2 \sin \gamma_2)} = \frac{Q'_2 c - Y_p h}{c(\cos \gamma_2 + \mu_2 \sin \gamma_2)}. \quad (34)$$

Заместване в (29) уравнения (30) ÷ (34) и при групирани по сили получаваме:

$$Q'_1 \left[(c-\delta) - \frac{\mu_1(c-\delta)}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} \right] > Y_p \left\{ [(c-\delta) \cot \gamma_1 - h] + \frac{\mu_1 h (c-\delta)}{c \sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} - \frac{\mu_2 h (c-\delta)}{c \operatorname{tg} \gamma_1 (\cos \gamma_2 - \mu_2 \sin \gamma_2)} \right\} + Q'_2 \left[\delta + \frac{\mu_2 (c-\delta)}{\operatorname{tg} \gamma_1 (\cos \gamma_2 - \mu_2 \sin \gamma_2)} \right], \quad (35)$$

а след съкращаване с $(c-\delta)$, разделяне на Q'_1 за обособяване на критерия Y_p/Q'_1 , определящ условието за безопасност срещу дерайлиране получаваме:

$$Y_p / Q'_1 < A / B, \quad (36)$$

където:

$$A = 1 - \mu_1 / [\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)] - \frac{Q'_2}{Q'_1} \left[\frac{\delta/c}{1 - \delta/c} + \frac{\mu_2}{\operatorname{tg} \gamma_1 (\cos \gamma_2 - \mu_2 \sin \gamma_2)} \right] \text{ и}$$

$$B = \cot \gamma_1 - \frac{h/c}{1 - \delta/c} + \frac{\mu_1 h/c}{\sin \gamma_1 (\cos \gamma_1 + \mu_1 \sin \gamma_1)} - [\mu_2 h/c] / [\operatorname{tg} \gamma_1 (\cos \gamma_2 - \mu_2 \sin \gamma_2)]$$

или I-та гранична стойност на същия критерий –

$$(Y_p / Q'_1)_I = A / B. \quad (36a)$$

При $\delta = 0$ и $\gamma_2 = 0$ формула (36a) се превръща във формула (22a).

В Таблица 3 са дадени изчислените стойности на $(Y_p/Q'_1)_I$, абсолютната и относителната грешка на (22a) спрямо (36a) при $\gamma_1 = 70^\circ$; $\mu_1 = 0,35$; $\gamma_2 = 1,5^\circ$; $\mu_2 = 0,25$; $Q'_2/Q'_1 = 0,5, 1$ и 2 ; $h = 460$ mm и 600 mm; $c = 1460$ mm; $\delta = 14$ mm.

Таблица 3. Стойности на $(Y_p/Q'_1)_I$, абсолютната и относителната грешка, изчислени чрез формули (36a) и (22a) при различни стойности на h и Q'_2/Q'_1 .

Формули и грешки	h, mm	Q'_2/Q'_1		
		0,5	1	2
По „точната“ формула (36a)	460	2,049	1,785	1,258
	600	2,816	2,454	1,729
По „приблизителната“ ф-ла (22a)	460	2,041	1,808	1,342
	600	2,769	2,453	1,821
Абсолютна грешка	460	0,0076	-0,023	-0,084
	600	0,0469	0,0006	-0,092
Относителна грешка	460	0,0037	-0,0129	-0,067
	600	0,0167	0,0002	-0,0533

3 Заключение

1. Отчитайки, че съвременните изследвания върху процесите на дерайлиране в жп транспорт, са акцентирани предимно към атакуващото колело и атакуващата колоос, нараства актуалността, да бъдат дефинирани като номинални сили, и съответното отношение между хоризонталната и вертикална сили, дефинирано като номинален критерий срещу дерайлиране.

2. Предложен е метод за определяне на номиналните сили и са анализирани възможните методически

грешки. Доказано е, че техният относителен дял при възможно най-неблагоприятни условия е под 1,5 %.

3. Изведен е т. нар. „номинален критерий“ срещу дерайлиране на базата на номиналните сили и е определена неговата I-ва гранична стойност в зависимост от 7 физически величини, от които с най-силно влияние са вертикалните натоварвания на колелата и височината на директрисата на рамната сила Y_p , приложена към колооста.

4. От зависимостта за I-та гранична стойност на номиналния критерий се получават като частни случаи зависимостите за I-та гранична стойност на критериите на Nadal и Мръе.

Литература

1. О. Кръстев, Т. Христов, Н. Чамурлийска, Перспективи за използване на високи технологии в системите осигуряващи безопасността на движението на влаковете, *БулТранс-2010*, 261-264, (2010)
2. N. Nenov, B. Scrobanski, Modeling of a system for monitoring and control of PWS in motion on the railway network of Bulgaria, *Proceedings of BulTrans-2016*, 185-190 (2016)
3. V. Nikolov, Interoperability and safety of rail transport in Balkan countries, *XIV Conference RAILCON'10*, Niš, Serbia, (2010)
4. D. Atmadzhova, A methodology for determining the causes of rolling stock derailment *XVII Conference RAILCON'16*, Niš, Serbia, 41-44 (2016)
5. L.-I. Dungan, Noțiuni generale privind siguranța contra deraierii, *Buletinul AGIR*, 1-2, 117-122 (2009)
6. Ș. Sebeșan, Siguranța contra deraierii la vehicule de cale ferată, *Revista Căilor ferate*, 7, (1961)
7. M. Bižić, D. Petrović, Overview of wheel-rail rolling contact theories, *Heavy Machinery 2017*, Zlatibor, Serbia, 41-48 (2017)
8. D. Atmadzhova, Processes and dependencies related to Nadal's formula, *Heavy Machinery 2017*, Zlatibor, Serbia, 7-15 (2017)
9. К. Велков, Влияние на спирания процес върху вертикалното натоварване на вагонните колела, *БулТранс-2010*, 242-244, (2010)

Adduction in nominal type of criteria against derailment of railway vehicles

Dobrinka Atmadzhova¹

¹Todor Kableshkov University of Transport, Bulgaria

Abstract: A proposed method of determining the nominal forces at the contact points of the wheel-rail of one axle and an analysis of possible methodological errors has shown that their share under the most adverse conditions is below 1,5%. The so-called "Nominal Criterion" against derailment based on nominal forces is derived and its first limit value it is determined according to 7 physical quantities, of which the vertical forces of the wheels and the height of application of force Y_p . From the first boundary dependencies, the criteria of Nadal and Mrje are obtained as private cases.

Специфични особености на производството на резервни части за спирачната система на електрически локомотиви серия 87

Кирил Велков^{1,*}

¹Технически университет – София, катедра Железопътна техника, 1000 София, България

Резюме: В доклада са разгледани характерните особености на производството на детайли – резервни части за пневматичната система на електрическите локомотиви серия 87. Пояснени са основните проблеми, свързани с разликата в мерните системи във Великобритания и в България. Разгледани са някои основни детайли като гумени мембрани, клапани и др. Докладът е изграден на базата на обобщен опит от производството на тези детайли от 2012 г. до сега.

1 Въведение

Електрическите локомотиви серия 87 са внесени от Англия, като машини „втора употреба“ и се експлоатират в някои от частните железопътни компании. Те са в експлоатация повече от десет години и работят без особени технически проблеми, свързани с текущото поддържане и ремонти по необходимост. Този тип локомотиви са произведени през седемдесетте години на миналия век в Англия, там те вече не се експлоатират, а също така и резервни части практически не се произвеждат. Първите от тях са внесени в България през 2008 г. и поради изтичане на срока на годност на някои от детайлите в пневматичната система на тези локомотиви (гумени и металогумени елементи), както и настъпилите процеси на износване, се наложи усвояването им в производство.

Този доклад е посветен именно на някои особености на усвояването им в производство, както и внедряването им в работещите локомотиви. Този процес е от голямо значение, защото благодарение на това се извършват качествени ремонти на елементите от спирачната система и се гарантира правилната и безопасна експлоатация на локомотивите.

2 Усвояване и въвеждане в производство на елементи на пневматичната система на локомотиви серия 87

2.1. Особености на процеса на усвояване на производството на елементи (резервни части)

Усвояването на тези резервни части, като обект на производство се характеризира със следните особености, създаващи в повечето случаи сериозни

затруднения от техническо естество и пряко влияещи върху времето за внедряване и качеството на произвежданите детайли:

- при тези локомотиви спирачната система е производство на фирмата Westinghouse и поради това съществено се различава от тази на локомотивите, експлоатирани до момента у нас. Тяхната спирачна система е произведена от KNORR BREMSE и в конструктивно отношение разликите са значителни. Например в локомотивите серия 87 се използват основно т.нар. „О“ пръстени като уплътняващи елементи, докато в другите серии това конструктивно решение не е популярно;
- разработването на чертожната документация се извърши само на базата на мостри от отделните елементи, което създаде значителни трудности, породени от факта, че тези детайли са с износване, произвеждани са от различни производители и са с значителни разлики в размерите, и също така са изработени в мерната система, характерна за Великобритания – inch. Това е предпоставка за трудното определяне на допусковите полета на детайлите, както и нехарактерни за метричната система стойности на размерите. Освен това се наложи да се оразмерява целият сглобен възел, за да се установят подходящи размери и допуски на размерите на произвежданите детайли;
- поради малките количества на произвежданите детайли, това в действителност е дребно серийно или по-точно производство на единични бройки. Поради това се наложи необходимата инструментална екипировка за гумените детайли, да се изпълни като едногнездни матрици. Това от своя страна оскъпява детайлите и при евентуална повреда създава затруднения с производствения процес;
- липсата на данни за материалите, вложени от производителите налага постепенно нагаждане за достигане на необходимите параметри на гумените

* Corresponding author: khvel@tu-sofia.bg

детайли. Това беше извършено с производството на единични пробни бройки, вграждането им в апарати от пневматичната система и наблюдения за работата им в процеса на експлоатация. На базата на получените резултати се коригираха матриците, гумените смеси и т.н. до достигане на нормална работа на произвежданите детайли.

2.2. Армирана мембрана

Тези мембрани – Фиг.1 са общо десет на един локомотив и са монтирани в електро-пневматичен вентил, работещ при налягане на съгъстения въздух 10 bar. Поради това че тези вентили реализират значителен брой работни цикли, както и работата на мембраната при това сравнително високо за тези системи налягане, те показват с времето повреди, характеризиращи се с пробиване или късане. За съжаление оригиналните мембрани са толкова деформирани, че не възможно измерването на твърдостта на гумата. По чисто нашенски – занаятчийски начин са правени експерименти те да бъдат изрязани от материал, използван за производство на мембрани за автомобилни газови уредби, да бъдат подлагани текстилни платна и др. За съжаление тези опити не са довели до очакваните добри резултати. В процеса на усвояване се прие твърдостта на гумата да бъде равна на тази на мембраните, използвани в спирачните системи на другите локомотиви, т.е. 60 по Шор. Оказа се, че тази мембрана не може да работи, тъй като почти веднага се къса. Поради това тя бе армирана с текстилно платно още в процеса на изработване, т.е. слой каучукова смес, текстил и втори слой каучукова смес. След това се извърши изпичане в матрицата. Използват се смеси с маслоустойчивост, определена по т.нар. обемен метод. Независимо от всичко и въпреки добрата работа на произведените мембрани в процеса на експлоатация, зоната показана на Фиг. 1, все още е критична по отношение на дълготрайност. Направиха се опити мембраната да бъде с по-голяма дебелина, чрез корекция на матрицата, но в този случай не бе възможно да се настрои вентила да работи с предприятиските налягания.



Фиг. 1. Армирана мембрана за електро-пневматичен вентил.

2.3. Мембрана за преводач на налягане

Мембраната е показана на Фиг. 2. Те са два броя на един локомотив и проблемите с производството ѝ са сходни с тези, описани в т. 2.2. Разликата е, че

размерите ѝ са значително по-големи. Това наложи армирането в първоначалния вариант със специален „скелет“ от полиамидни влакна, но тя се получи много мека и въпреки работата ѝ с изисканите параметри, се прояви склонност към разтягане и деформиране. Поради това, с развитието на производството този скелет бе заменен с армиране с помощта на текстилно платно, по начина по който бе изпълнена мембраната от предишната точка.



Фиг. 2. Мембрана за преводач на налягане.

2.4. Челно уплътнение двойноотбивачен вентил

Значението на двойноотбивачните вентили в пневматичната схема на един локомотив е голямо, защото те разделят системата на автоматичната и неавтоматичната (директна), при взаимодействието им с един и същ спирачен цилиндър. При спирачните системи, експлоатирани у нас до този момент (система Кнор), уплътняващата част на този вентил представлява плосък гумен пръстен, вулканизиран върху металното тяло. При тези локомотиви обаче, той също е плосък гумен пръстен, но с конусно скосена външна повърхност и се задържа плътно в носещото метално тяло само благодарение на нея – Фиг. 3. Каучуковата смес е маслоустойчива към маслата използване в компресорите и след изпичането е с твърдост по Шор 80 ± 5 .



Фиг. 3. Челно уплътнение двойноотбивачен вентил.

2.5. Гарнитура за преводач на налягане В2

Тази гарнитура е важна поради факта, че работи при значителна сила на притискане, реализирана от болтовите връзки на металните корпуси на присъединените спирачни апарати. Поради това тя се произвежда с по-малък диаметър от този на съединяващите се повърхности, за да има пространство, в което тя да се деформира при стягането, без да си разруши. Този диаметър е труден за определяне, защото наличните мостри са работили гарнитури и са силно смачкани и деформирани. Проблематично е и мнението на

ремонтния персонал, на който тези особености трудно могат да бъдат обяснени, и при видимата разлика в размерите следва българското „не става“ и процесът на внедряване се затруднява. Друг важен момент е, че уплътнителните ръбове са смачкани, не личат и се наложи да се проектират отново. Твърдостта на този тип изделия е 80 ± 5 по Шор.



Фиг. 4. Гарнитура за преводач на налягане В2.

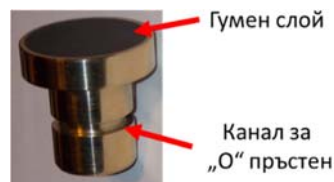
2.6. Металогумени клапани

Този тип детайли са широко разпространени в спирачните системи на железопътните возила. За локомотивите сери 87 бяха въведени в производство няколко такива детайла с голямо значение за работата на спирачната система. Това са: металогумен клапан за кран-машинист за директната спирачка тип SA1, металогумен клапан за кран-машинист за автоматичната спирачка тип M8AS, металогумен клапан за преводач на налягани и др. При всички тези детайли, макар и различни по своята конструктивна конфигурация и размери, бяха разработени два основни подхода:

- ново производство: характеризира се с изработване на металорежеща машина на металната част (месинг) и вулканизиране на каучуковата смес в проектирана и изработена матрица. Изискванията за твърдостта на гумения слой е 80 ± 5 по Шор – Фиг.5;
- рециклиране: на тази операция се подлагат клапани с слабо износване на металната част. Гуменият слой, ако е с окопаване на уплътнителното лице по-дълбоко от 0,5 mm, се отстранява чрез интензивно загряване. При това той се отлепва, частично изгаря и се отделя. Мястото на което е бил той се почиства на пясъкоструен апарат, обезмаслява се и след това в същата матрица се вулканизира нов гумен слой. Поради неизбежните „мустаци“ и в двата случая след вулканизацията гуменият слой се подлага на шлайфане – Фиг. 6.



Фиг. 5. Металогумен клапан за кран-машинист за директната спирачка тип SA1 – подходящ за рециклиране.



Фиг.6. Металогумен клапан за преводач – ново производство.

3 Изводи

- Производството на тези детайли решава конкретен проблем, свързан с поддържането в експлоатация на локомотивите серия 87;
- тези части не се произвеждат във Великобритания и ако се доставят от там, ще бъдат по индивидуална заявка, и на съответно висока цена;
- парадокс е, че определено количество спирачни апарати за тази серия локомотиви беше ремонтирано с вграждане на тези части и след това изнесено за Великобритания;
- с внедряване в производството на тези части се създаде възможност много стари такива, не подменяни от години и с параметри, недопустими за експлоатация, да се заменят;
- до момента са усвоени и се произвеждат над 40 различни детайли от спирачната система на тази серия;
- производството на частите започна в края на 2012 г. и до момента резултатите от експлоатацията им са положителни.

Литература

1. Техническа документация на локомотиви серия 87.
2. Правилник за ремонт и изпитване на спирачните системи на подвижния състав на БДЖ. София, 1984 г.

Specific features of the manufacturing repair parts for electric locomotives series 87 brake equipment

Kiril Velkov¹

¹Technical University - Sofia, Department of Railway Engineering, 1000 Sofia, Bulgaria

Abstract: The report examines the characteristics of the production of details – repair parts for the pneumatic equipment of the electric locomotives series 87. The main problems related to the difference in the measuring systems in the UK and Bulgaria are explained. Some basic details are considered, such as rubber membranes, valves and valves etc. The report is based on a summary of the production of these details from 2012 until now.

Определяне основните технически параметри на влаковете на „БДЖ – Пътнически Превози“ ЕООД

Кирил Велков^{1*}, Олег Кръстев¹, Валери Стоилов¹, Светослав Славчев¹, и Иван Петров²

¹ Технически университет – София, катедра Железопътна техника, България

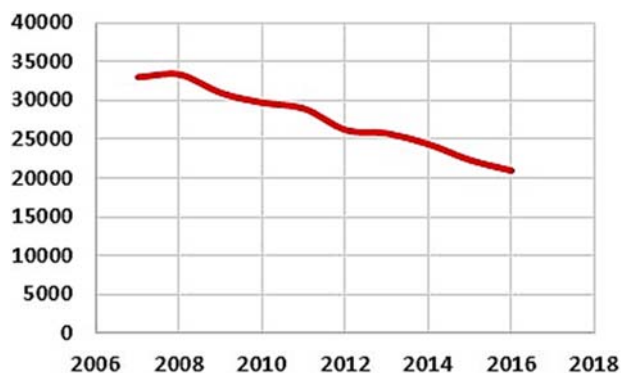
² Висше транспортно училище „Т. Каблешков“ – София, България

Резюме: На основата на анализ на качеството на транспортната услуга предлагана от „БДЖ – Пътнически превози“ ЕООД и на екологичното значение на железопътния транспорт е дефинирано необходимостта от закупуване на нови влакове. Чрез анализ на параметрите на някои от най-популярните влакове в Европа, са определени параметрите за новите влакове у нас.

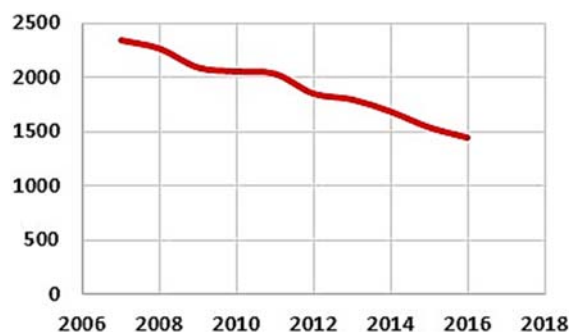
1 Въведение

През последните десет години ясно се забелязва тенденцията за намаляване превозите на пътници от „БДЖ – Пътнически Превози“ ЕООД (БДЖ-ПП), илюстрирана на Фигури 1 и 2. Основните причини за нея са изяснени в [1], като настоящия доклад е посветен основно на необходимостта от закупуване на нов подвижен състав от гледна точка на подобряване на качеството на предлаганата транспортна услуга, екологичното въздействие на железопътния транспорт и основните технически параметри на новозакупените единици подвижен състав.

Определянето на основните параметри на новия подвижен състав е задача с голяма важност, тъй като тези возила се проектират и произвеждат за да бъдат между тридесет и четиридесет години в експлоатация. За решаването ѝ бе направен обстоен анализ на тенденциите в това отношение в развитите страни от Европейския съюз, като бе отчетено и същественото влияние и на специфичните условия на експлоатация у нас.



Фиг. 1. Изменение на броя превозени пътници – в хиляди/за година.



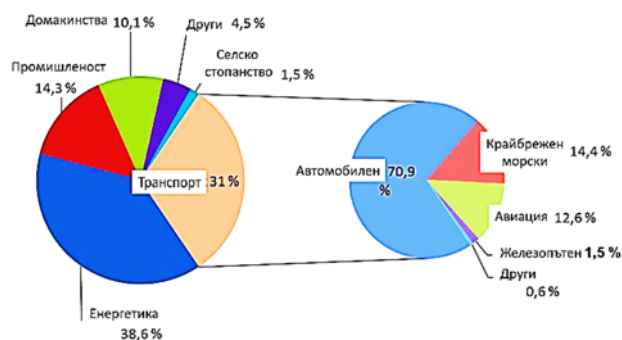
Фиг. 2. Изменение на извършената работа от БДЖ-ПП – в млн. пътнички километра.

2 Екологично значение на железопътния транспорт

Транспортният сектор в Европейския съюз се базира в преобладаваща степен на изкопаемите горива, като петролните продукти осигуряват около 96% от енергията за функционирането му [5]. Целите пред ЕС свързани с климатичните промени изискват значително намаляване на емисиите на въглероден диоксид (CO₂) от транспорта, представляващи поне 20% от емисиите на парникови газове от ЕС. В изпълнението им е необходимо намаляването до 2050 г. с 60% на емисиите на CO₂ произвеждани от транспорта в ЕС. Това намаляване, според прогнозите, би помогнало за поддържане на климатичните промени в сравнително допустимо състояние [5]. В този смисъл е от съществено значение анализът на влиянието на железопътния транспорт върху околната среда, в сравнение с останалите видове.

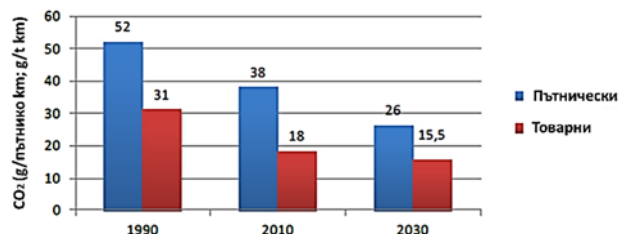
На Фиг. 3 е показано съотношението в отделянето на въглероден диоксид между отделните видове транспорт, при изгарянето на течни горива. Данните са за обобщени за ЕС [1] и ясно показват, че железопътният транспорт произвежда нищожните 1,5% от общото производство на CO₂.

* Corresponding author: khvel@tu-sofia.bg



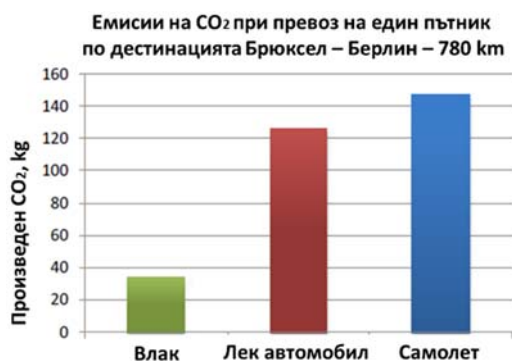
Фиг. 3. Емисии на CO₂ от транспортния сектор на ЕС – включени са и електрифициран железопътен транспорт, крайбрежен морски и др.

Важно е да се подчертае, че за периода от 1990 г. до 2010 г. емисиите на въглероден диоксид, произведени от железопътния транспорт са намалени с 39%, спрямо стойностите за 1990 г. Целта е те да бъдат допълнително намалени до 2030 г. – Фиг. 4, като до 2050 г. в ЕС да съществува железопътен транспорт не произвеждащ CO₂ [5].



Фиг. 4. Минало и проектно бъдеще на специфичните емисии на CO₂, при превози с жп транспорт в ЕС.

Предимствата на железопътния транспорт по отношение на екологията, изпъкват при сравнение с другите видове транспорт – Фиг. 5 [5].

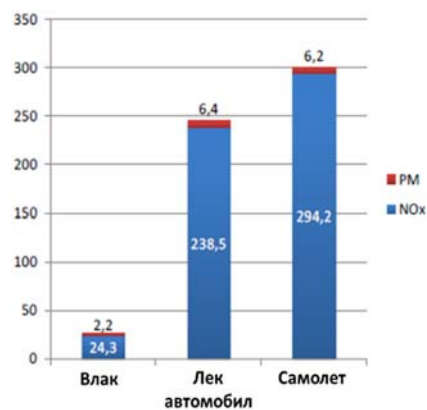


Фиг. 5. Емисии на CO₂ при превоз на един пътник с влак, лек автомобил и самолет.

Тези данни подчертават, че при сравнението на трите основни вида транспорт, емисиите на CO₂ произведени от железопътния транспорт по типичното за ЕС направление са 3,7 пъти по-малко отколкото при превоз с автомобил и 4,3 пъти по-малко в сравнение със самолет.

По отношение на локалното замърсяване на въздуха с микрочастици и азотни оксиди (NO_x), железопътният транспорт отново е с най-малък дял. Трябва да се отбележи, че именно по тези показатели положението

у нас не е на необходимото ниво и по този въпрос срещу страната ни е задействана наказателна процедура от страна на Европейския съюз. Сравнението между различните видове транспорт по този показател е показано на Фиг. 6, като то отново е извършено за превоз на един пътник по дестинацията Брюксел – Берлин. Влакът е със средна степен на населеност; автомобилът е дизелов, среден клас с 1,5 пътника и самолетът е типичен за Европа. Важна е и характерната особеност, че електрическият железопътен транспорт не произвежда от тези замърсители и данните се отнасят само за влаковете с дизелова тяга.



Фиг. 6. Сравнение на различните видове транспорт по отношение замърсяването с PM – микрочастици и азотни оксиди - NO_x.

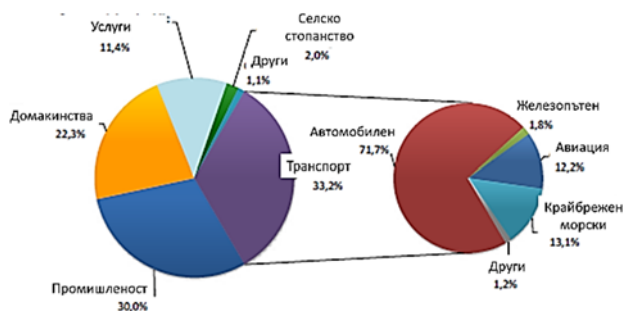
От всичко казано до тук, както и от всички значими световни изследвания, ясно изпъква значението на железопътния транспорт като най-екологичен и най-малко вредящ на околната среда. Поради тази причина в различни документи на ЕС се поставя целта де се разшири делът на превозите с железопътен транспорт за всички страни, членуващи в него.

В съвременните условия на все по-нарастващата световна икономика, трайната тенденция за увеличаване общия брой на населението на земята, бързото намаляване и изчерпване на изкопаемите енергийни източници, промените в климата и околната среда и др. налагат предприемането на сериозни мерки в световен и европейски мащаб, целящи трайното и устойчиво намаляване на консумацията на енергия. Специално за европейските страни сумарното намаляване на консумацията на енергия и увеличаване на делът на използваната електрическа енергия ще намали зависимостта от изкопаеми горива и от вносът им от други страни [5]. На Фиг. 7 е показана крайната консумация на енергия за страните от ЕС във формата E27, т.е. с включени България и Румъния.

От Фиг. 7 следва, че транспортът в ЕС консумира 33,2 % от общото потребление на енергия, като железопътният транспорт изразходва едва 1,8 %, при дял от над 8,5 % по отношение на превозите.

В нашата страна разпределението на крайната консумация на енергия се отличава от усреднените данни за ЕС, като делът на транспорта в крайното енергийно потребление се е увеличил от около 23,1% през 2001 г. на 34,74% през 2015 г. (данните за 2016 г. още не са публикувани от НСИ). Основен консуматор

е автомобилният транспорт, който консумира за 2015 г. 93% от общо използваното количество енергия в сектора.



Фиг. 7. Крайна консумация на енергия за страните от ЕС, формат E27.

Още по-неблагоприятно е, че транспортът консумира горива, произведени на базата на нефт, който е 100% внос в България. Докато за 2010 г. данните показват, че делът на транспорта в крайното потребление на нефтопродукти е 83,8%, то за 2015 г. този дял е 88,64%.

От цитираните данни е категорично ясно, че железопътният транспорт е с най-голяма енергийна ефективност най-малко вредно екологично въздействие. Следователно увеличаването на дела му, ще допринесе за цялостното подобряване на тези показатели. Този извод е в синхрон и с политиката за развитие на транспорта в Европейския съюз.

3 Параметри, определящи качеството на транспортната услуга предлагана от БДЖ-ПП

Параметрите, определящи в значителна степен качеството на предлаганата от БДЖ-ПП транспортна услуга и пряко влияещи се от подвижния железопътен състав (ПЖПС), използван за реализирането ѝ, са:

3.1. Времетраене

Този параметър в най-голяма степен се усеща от пътниците и е от съществено значение за привличането или отлива на пасажери. Той зависи от организацията на движение и от реализираните скорости на движение. От своя страна скоростта се определя от техническите възможности на железопътната инфраструктура и използвания ПЖПС. В настоящия момент с извършваните ремонти и реконструкции на някои от главните железопътни линии у нас се цели достигане на скорости на движение от 160 km/h, като на определени участъци, основно прави, тя да достигне и до 200 km/h. В настоящия момент обаче, в парка на БДЖ-ПП няма ПЖПС, който е в състояние да реализира тези скорости [2]. Следователно новите возила, които евентуално ще бъдат закупени, ще бъде необходимо да отговарят на това изискване.

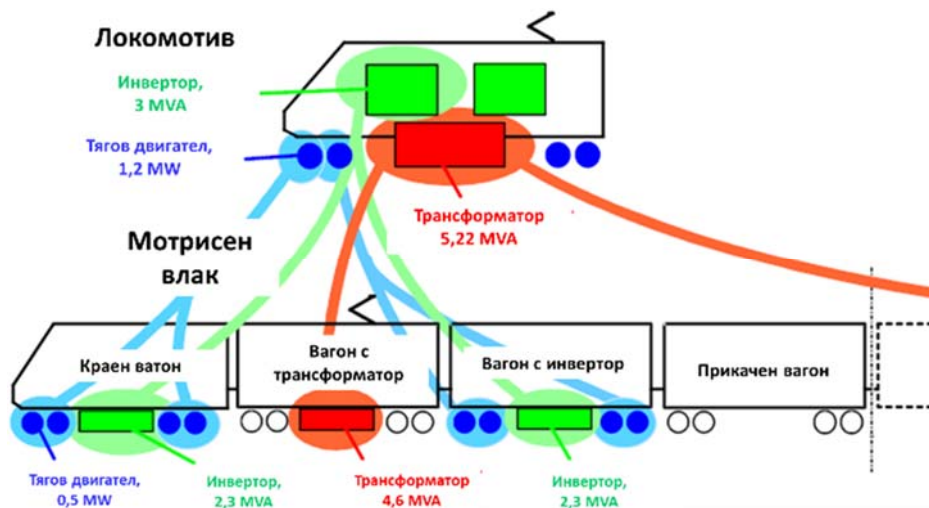
3.2. Комфорт

В резултат на проучвания и анкети БДЖ – ПП разработи Профил на клиента [3] от който е видно, че изискванията за комфорт при пътуването, предявени от пътниците, не могат да се изпълнят с наличния ПЖПС. Комфортът също така е важен показател, който влияе в значителна степен на мнението на пътниците за качеството на транспортната услуга.

4 Основни параметри на новозакупения подвижен състав

4.1. Скоростни влакове

В европейските държави влаковете за скорости по-големи или равни на 250 km/h са в категорията на високоскоростните. У нас поради липсата на железопътни трасета за такива скорости бе въведена категорията *скоростни влакове*. От извършения задълбочен анализ на конструкциите на произвежданите от водещи производители влакове могат да се дефинират двете основни схеми на компоновка на влаковете – класическа схема с локомотив и с разпределение на мощността, т.е. влак от мотрисен тип, Фиг. 8.



Фиг. 8. Схема на влак с локомотив и мотрисно разпределение на мощността.

Вариантът на мотрисно разпределение има следните предимства:

- крайните вагони имат само кабинни за управление и пространството в тях също се използва за организирането на места за пътници. По този начин, при фиксираната дължина на тези влакове, се реализира по-голям превозен капацитет;
- намалява колоосното натоварване и това оказва влияние на инфраструктурната такса;
- повече тягови колооси и като резултат по-голямо ускорение и по-добри условия за сцепление на тяговите колооси с релсите.

Един от съществените недостатъци на тази система е сравнително по-високата вероятност от повреди по електрическата система, породени от по-голямата дължина на електрическите системи.

В настоящия момент в развитите страни от ЕС се срещат и двата вида, като първия тип са преобладаващо във влаковете от фамилията *TGV*, докато вторият тип е характерен за немските влакове от типа *ICE*, по-новите серии.

За бъдещите влакове у нас по-подходящ е вариантът с мотрисно разпределение на мощността.

Друг важен конструктивен параметър е този, дали отделните вагони във влака са съчленени, с обща талига между два от тях (*Якобс* талига) или не са. Съчленените вагони имат следните основни предимства:

- Талигата се намира под краищата на двата съчленени вагона и в действителност не е точно под пътниците. По този начин шумът е на по-ниско ниво и се повишава комфорта на пътуване;
- Относителните странични премествания между отделните вагони липсват, в резултат на това пътниците се придвижват по дължината на влака по-лесно;
- При тази конструкция съществува възможност подът да бъде разположен по-ниско, което облекчава достъпа до вагона;
- Този тип конструкция, съгласно множество изследвания, предполага и по-голяма сигурност при движение.

Съществен недостатък е, че при извършване на различни ремонти, операциите свързани с изваждане на талига са по-сложни и трудоемки. Поради тази и други причини, при някои производители се забелязва тенденция на отказ от използването на *Якобс* талига, докато при други тя е традиционна практика. Независимо от това за нашите условия, прилагането на *Якобс* талига е по-подходящо.

• Скорост

Както бе казано, в България няма високоскоростна железопътна мрежа. Целта на развитието на железопътната инфраструктура е достигане на скорости от 160 km/h за значителна част на някои от основните линии у нас. Поради това е целесъобразно, новозакупените влакове да имат техническа възможност да оперират продължително време със скорост от 160 km/h. Също така е важно да се уточни, че в близките пет години, съгласно проектните виждания, цялото трасе от София през Пловдив до Бургас ще бъде подготвено за скорост от 160 km/h. Освен това са

налице уверения от НКЖИ, че тази скорост ще е такава в кривите участъци, а извън тях вероятно в близко бъдеще ще бъде допуснатата скорост от 180 km/h, а дори и 200 km/h. Потвърждение на това са и наскоро извършените проби със скорост на движение от порядъка на 200 km/h. Поради тези виждания, както и факта, че при закупуване на нов подвижен състав е необходимо да се гледа в перспектива от около 30 години, не е целесъобразно при сегашното закупуване на нови влакове, максималната им скорост да се ограничава на 160 km/h. Тези влакове ще трябва да оперират и със 180, а в обозримо бъдеще, може би и със 200 km/h. В този смисъл е целесъобразно конструктивната им скорост да бъде поне 200 km/h;

- Колоосно натоварване: 17 + 4% t/ос;
- Максимална стойност на продължителния наклон – 30 ‰;
- Температурен диапазон на работа: $-40 \div 40$ °C;
- Конфигурация на влака: фиксирана композиция с препоръчително 6 вагона, в зависимост от възможностите и предложенията на доставчика, който ще бъде избран при обявяване на поръчката. От този брой ще се определи и дължината на влака;
- Разпределение на мощността: влакът да бъде изпълнен по схемата на разпределена по дължината мощност, т.е. мотрисен вариант – Фиг. 8;
- Тип тягово електрозадвижване: асинхронни, с векторно управление тягови двигатели;
- Спирачен комплекс: той е необходимо да включва пневматична спирачка с дискови фриktionни възли, електродинамична – работеща като рекуперативна и реостатна, магниторелсова и паркинг;
- Съгласно съвременните тенденции, съвместно действие, „blending“ на спирачните системи. Минимална стойност на коефициента на сцепление на колелото с релсата, в режим спиране с пневматичната спирачка – 0,13. Рекуперативната спирачка е необходимо да отговаря на изискванията на НКЖИ, за параметрите на рекупериранията електрическа енергия;
- Система за сигурност и контрол ETCS ниво 1, с възможност за ъпгрейдване до ниво 2;
- Ускорение: поради особеностите на нашата страна този параметър е от много важно значение. При скоростните състави за дълги разстояния и при състав от шест вагона, максималното пусково ускорение е препоръчително да бъде $0,5 \div 0,7$ m/s², за да могат да достигнат скорост от 160 km/h по участъците, на които е допустима тази скорост и да пътуват определено време с нея. Това ще доведе до намаляване на времепътуването и експлоатационния разход на електроенергия.

Основни изисквания на комфорта:

- Вътрешно разпределение и условия за високо ниво на комфорт. Тези изисквания са съобразени с изводите от проучването, извършено от БДЖ-ПП, на основата на което е формулиран т.нар. профил на клиента [3];
- Местата в първа класа са около 30 %, като този процент зависи и конкретните условия по бъдещата доставка. Разположението им е по три месеца в ред с пътека между двойната и единична седалка.

Седалките са разположени на разстояние, както е регламентирано в правилата за оперативна съвместимост – TSI. Седалките във втора класа са разположени по четири в ред, с пътека между двете двойки. Предвидени са места за пътници с намалена подвижност, осигуряващи им места с улеснен достъп и достатъчно пространство за количките, които използват;

- Седалките са дълбоки, с ергономични подглавници и подлакътници, подходящи за намаляване на умората при пътуване от порядъка на 4 часа;
- Багажът на пътниците се помещава в багажници над главите, на стената на вагона с капаци, самолетен тип, както и в ниши на стената, на ниво под, отново затворени с капаци;
- Във вагоните е предвидена и специална зона за багаж, разположена близо до изходите. Имайки пред вид народопсихологията на пътника у нас, не е ясно тя дали ще се ползва и дали ще помогне за удобството на пътниците;
- В състава на влака се включва. Пътниците от първа класа са с включени в цената на билета напитки и храна, а е възможно и сервирането и по местата им. Това е въпрос на организация, при експлоатацията на влаковете, след закупуването им;
- Във вагоните да са инсталирани екрани за развлекателни аудио-визуални забавления на пътниците.
- Осигуряване на безжична Internet връзка, WiFi за пътниците;
- Осигуряване на необходимото захранване, 220 V, 50 Hz, AC за захранване на преносимите компютри, както и USB портове за зареждане батериите на смартфоните;
- Тоалетните да са с достатъчно място, с цел ползването и от възрастен с дете. Автоматизирано подаване на вода и сапун. Наличие на огледало и електрически контакт 220 V, 50 Hz, AC и др.;
- Сериозно внимание е необходимо да се отдели при изграждането на цялостното информационно осигуряване, съгласно изискванията на клиента [3]. То включва ясно изписване на номера на вагона и дестинацията по която ще пътува влакът. Освен номерът на вагона да се дава ясна информация и за класът му, както и за местата за хората с намалена подвижност и др. Във влака да има достатъчно информационни табла с подробна текуща информация за пътуването по дестинацията. Наличие на речева информация на български и английски език и др.

4.2. Бързи влакове

- Захранване: стандартното за нашата страна: AC 25kV, 50 Hz;
- Междурелсие – стандартно 1435 mm;
- Скорост: предвид, че тези влакове ще спират често, т.е. ще имат по-къси междуспиркови разстояния е целесъобразно да притежават техническата

възможност да оперират със скорост $130 \div 140$ km/h. За тях важат същите съображения, както за предишния тип, а именно, че тези стойности не е задължително да са ограничения за максималната им скорост. При тези влакове препоръчителната максимална скорост е 160 km/h;

- Колоосно натоварване: $16 \div 19$ t/ос;
- Реализирането на икономични малки състави и на високи участъкови скорости са резултат от големи пускови ускорения. Сравнително късите разстояния между спирките (у нас средно еквивалентните междуспиркови разстояние е около 3 km и междугарови разстояния около 10 km) и високата скорост, която трябва да се осигури при тях, са причина за изискването за голяма специфична мощност на моторвагонните секции. Препоръчителни средни стойности за ускорението са $0,6 \div 0,8$ m/s²;
- Конфигурация на мотрисния влак: фиксирана композиция с 4 вагона и с възможност за свързване на две мотриси по система „много единици“;
- Тип тягово електрозадвижване – асинхронни с векторно управление;
- Използване на удобни и ергономични седалки, с подходящи подглавници и подлакътници. В сега работещите мотриси серия 31 комфортът е понижен;
- Използване на светлинни информационни табла във вагоните, даващи актуална и подробна информация за провежданото пътуване, както и за възможните връзки с други влакове или друг вид транспорт. Речева информация на български и английски език;
- Климатизация на вагоните;
- Място във вагоните за превоз на детски колички, велосипеди и др.

4.3. Пътнически влакове

Този тип влакове са от типа електрически и дизелови мотриси и като база за избора им, могат да се ползват параметрите на серия 30/31 и 10.

5 Изводи

Извършеният анализ на параметрите на модерните влакове, използвани в развитите страни членуващи в ЕС, спомага да се формулират следните основни изводи:

- Определени са основните видове влакове, които ще бъдат доставени – скоростни, бързи и пътнически;
- Определени са най-общо основните им технически параметри;
- Така определените параметри са използвани за първоначално запитване за границите на доставните цени;
- Тези параметри ще послужат за разработване на конкретните спецификации за бъдещата доставка;
- Параметрите служат и за извършване на сравнителен анализ на ефективността на бъдещите нови влакове и наличния тягов подвижен състав.

Литература

1. О. Кръстев, К. Велков, В. Стоилов, С. Славчев, И. Петров, Определяне броя и типа на новите влакове, необходими на „БДЖ-Пътнически превози“ ЕООД, *БулТранс-2017*, (2017)
2. K. Velkov, O. Krastev, V. Stoilov, B. Damyanov. Opportunities for improve locomotives maintenance, *BulTrans-2012*, 15-20, (2012)
3. *Профил на клиента*, БДЖ-ПП, (2017)
4. J. Jiménez-Redondo, *High speed trains*, Madrid, Spain, (2015)
5. *Rail transport and environment facts and figures*. UIC, CER, 2015.

Defining the main parameters of the BDZ – Passenger Services trains

*Kiril Velkov*¹, *Oleg Krystev*¹, *Valeri Stoilov*¹,
*Svetoslav Slavchev*¹, and *Ivan Petrov*²

¹Technical University - Sofia, Department of Railway Engineering, Bulgaria

²High Transport School “T. Kableshkov” – Sofia, Bulgaria

Abstract: On the basis of an analysis of the quality of the transport service offered by BDZ - Passenger Transports Ltd. and of the ecological importance of the railway transport is defining the necessity to purchase new trains. By analyzing the parameters of some of the most popular trains in Europe, the parameters for the new trains in Bulgaria are defined.

Определяне броя и типа на новите влакове, необходими на „БДЖ-Пътнически превози“ ЕООД

Олег Кръстев^{1,*}, Кирил Велков¹, Валери Стоилов¹, Светослав Славчев¹ и Иван Петров²

¹ Технически университет – София, катедра Железопътна техника, България

² Висше транспортно училище „Т. Каблешков“ – София, България

Резюме: Определен е броя и типа на новите влакове, необходими на „БДЖ-Пътнически превози“ ЕООД, като са отчетени разходите за енергия; разходите за обслужване на влаковия състав; разходите за ремонт; разходите за инфраструктурни такси; броят на дните за движение на влаковете. При определяне на броя и типа на новия подвижен състав е взето под внимание прогнозното изменение на скоростите, след модернизация на железопътната мрежа от Национална компания "Железопътна инфраструктура" (НКЖИ). Проучен е опита на значителен брой железопътни администрации, основно в Европа, а така също и достиженията на водещите фирми за производство на тягов подвижен релсов състав.

1 Въведение

Последните години в „БДЖ-Пътнически превози“ ЕООД (БДЖ-ПП) се забелязва прилагането на мерки за постепенно стабилизиране икономическото състояние. За съжаление обаче качеството на транспортната услуга видимо не се променя.

Тревожна е тенденцията за намаляване на извършваната работа в пътниккилометри. Причините за това са много и комплексни, но анализите показват две основни:

- нелоялна конкуренция с автомобилния транспорт на база неплащане на пълните разходи при извършване на превозите. Автомобилният транспорт е поставен в много по-изгодно положение в сравнение с железниците;
- лошо състояние на железния път и подвижния състав.

Експлоатираният понастоящем подвижен състав (локомотиви, вагони и мотрисни влакове) в по-голямата си част е на над 35-40 години. Изключение са доставени през 2005 и 2006 година 25 броя дизелови мотрисни влакове (ДМВ) и 25 електрически мотрисни влакове (ЕМВ) от типа Siemens Desiro.

С цел подобряване качеството на транспортната услуга, привличане на повече пътници и увеличаване конкурентоспособността на пътническите жп превози, ръководството на БДЖ-ПП възложи на работен екип от три висши учебни заведения да разработи дългосрочна стратегия за това.

Една от основните задачи, включени в стратегията, бе определяне броя и типа на нов съвременен подвижен състав, който е необходимо да закупи БДЖ-ПП за да подобри качеството на предлаганите услуги и да стане привлекателен за пътниците.

2 Състояние на тяговия подвижен състав в БДЖ-ПП

Тяговият подвижен състав в БДЖ-ПП се състои от следните основни единици:

- Дизелови:
 - маневрени локомотиви серии 52-00, 55-00;
 - мотрисни влакове серия 10-00;
 - 1 брой мотриса серия 19;
 - магистрални (влакови) локомотиви серии 06-00 и 07-00.
- Електрически:
 - маневрени локомотиви серия 61-00;
 - мотрисни влакове серии 32-00, 30-00 и 31-00;
 - магистрални (влакови) 43-00, 44-00 и 45-00 и 46-200.

Всяка година през месец декември НКЖИ въвежда нов График за движение на влаковете (ГДВ) по националната железопътна мрежа. На базата на ГДВ се разработва График за оборота на локомотивите (ГОЛ) и График за работното време на локомотивните бригади и на влаковия персонал (ГРВ). На основата на ГОЛ се определя необходимият парк на тягови състави (локомотиви и мотрисни влакове), на основата на ГРВ – необходимият брой влаков персонал (машинисти, помощник-машинисти, началник влакове и друг обслужващ персонал).

По сега действащите разписания и на база наличния парк (локомотиви и мотрисни влакове) за изпълнение на ГДВ са необходими 125 единици тягов подвижен състав. Това не е достатъчно, тъй като е необходимо да има определен брой състави в експлоатационен резерв.

В Таблица 1 е показан наличният в БДЖ-ПП тягов подвижен състав (по серии) и частта от него, използвана за изпълнение на ГДВ.

* Corresponding author: okrastev@tu-sofia.bg

Таблица 1. Тягов подвижен състав на БДЖ-ПП.

Серия	Налични	Използвани за ГДВ
43/44/45	75	60
46-200	9	6
61-00	5	4
07-100	5	2
07	1	0
52	9	4
55	15	5
75,77	6	4
71	2	1
ДМВ10	25	15
ЕМВ 30/31	24	20
ЕМВ 32	6	4
ОБЩО:	182	125

От таблицата се вижда, че в БДЖ-ПП има тягов състав, с който да се изпълнява действащия ГДВ. На практика поради продължителния срок на експлоатация, на значителна част от наличния тягов подвижен състав и недоброто техническо състояние, броят на възникналите повреди, довели до т.нар. ремонти по необходимост (РН) е голям. За изтеклата година делът на РН, по усреднени данни на БДЖ-ПП е около 60 %. Това довежда до липса на резерв от локомотиви и като резултат недостиг и невъзможност за нормално обслужване на влаковете, предвидени в ГДВ. Като цяло всичко това довежда до постоянно намаляване на ефективността на пътническите превози, а повишаването ѝ може да се постигне чрез закупуването на нов тягов подвижен състав.

Основните фактори, влияещи на ефективността на пътническите превози са:

- скорост на пътуване;
- времепътуване;
- комфорт;
- екологично въздействие;
- енергийна ефективност.

3 Основни принципи при определяне броя и типа на новия тягов състав

При избора на брой и тип на новия подвижен състав е взето под внимание прогнозното изменение на скоростите. За целта са използвани плановете за модернизация на железопътната мрежа, предоставени от НКЖИ. Проучен е опита на значителен брой железопътни администрации, основно в Европа, а така също и достиженията на водещите фирми за производство на тягов подвижен релсов състав.

Броят на новите единици тягов състав е определен при спазване на следните основни принципи:

- Използват се сега действащите графици, като са взети предвид и евентуалните промени в тях, следствие на прогнозното увеличаване на пътникопотока;
- Предвижда се да се експлоатират три типа състави, на базата на мотрисни влакове:
 - скоростни (с високо ниво на комфорт);
 - бързи (с повишено ниво на комфорт);

- пътнически;
- Приоритетност:
- скоростни;
- бързи;
- пътнически (регионални, крайградски, второстепенни);
- Средна населеност на влаковете при прогнозното увеличаване на пътникопотока;
- Равнопоставеност на регионите;
- Приоритетна подмяна на влакове с 1-2 вагона, обслужвани от мощни локомотиви;
- Места за извършване на екипировка и технически обслужвания.

На основата на направения анализ за рентабилността, пътнико-потоците и проектните скоростите на движение (до 2020-2022 г. и до 2030 г.), целесъобразно е подновяването на подвижния състав за бързи влакове да стане на два етапа:

- първи етап – от 2018 до 2023 г.;
- втори етап – до 2024-2028 г.

4 Брой и тип на новия тягов състав

4.1. Скоростни влакове

За този тип влакове се предвижда да обслужват основно жп линии №№ 1 (София-Свиленград), 8 (Пловдив-Бургас) и 2 (София-Варна). Единствено участъкът Курило-Мездра е за скорост на движение 75 km/h, а поради сложността на терена не се предвижда повишаването ѝ. Техническото обслужване на тези състави ще се извършва в гр. София.

Предвид сегашния пътнико-поток и анализите, предвиждащи увеличаването му, а също така и предвиджаното високо ниво на комфорт, е необходимо те да са с капацитет 300÷350-пътници. Тези параметри съответстват на 6-секционен скоростен влак.

При ограничителните условия за скорости и пътнико-потоци, посочени по-горе, най-подходящо е закупуването на 6 броя скоростни влакове за жп линии №№ 1, 8 и 2. Те трябва да бъдат с високо ниво на комфорт и за максимална скорост 200 km/h, което ще осигури безпроблемно опериране при 160 km/h. Движението им ще е по два участъка:

- 2 броя за обслужване на участъка София-Бургас-София;
- 2 броя за обслужване на участъка София-Варна-София;
- 2 броя за покриване на графика при техническо обслужване и резерв.

До пускането в експлоатация на скоростния участък София-Септември (за 160 km/h) и участъците, предвидени за модернизация по линия № 2, и при сегашните допустими скорости по инфраструктурата, със скоростните състави могат да се достигнат скорости, които да осигурят времепътуване от:

- София-Бургас-София – 5,5 часа в една посока;
- София-Варна-София – 7 часа в една посока.

При тези параметри по двете дестинации ще се движат по две двойки (чифта) влакове. Те ще тръгват

сутринта от София, Варна и Бургас и ще се връщат обратно вечерта, като тръгват в късния следобед.

След достигане на проектните скорости между София и Бургас, ще се осигурят времепътувания от:

- София-Бургас-София – 4 часа в една посока;
- София-Варна-София – 6 часа в една посока.

Тогава ще може ГОЛ да се уплътни и да се пусне още една двойка обедни влакове. Това дава възможност доставката на шестте скоростни състава да се извърши не едновременно, а на две части по три състава, примерно:

- 2019-2020 г. – доставка на три броя скоростни влакове: два за движение само по дестинацията София-Пловдив-Бургас и един за технически резерв.
- 2021-2022 г. – доставка на три броя скоростни влакове: два за дестинацията София-Варна и един за обеден скоростен влак по дестинацията София-Пловдив-Бургас.

Населените места, които остават извън обслужването на скоростни влакове, ще бъдат обслужвани по нови разписания от крайградски и регионални влакове, изпълняващи ролята на довеждащ транспорт.

Остават в експлоатация по сегашния график нощните влакове, в състава на които са включени спални вагони. Те ще продължат да се обслужват от модернизирани локомотиви серия 44 и 46.

Поради сравнително малкия пътнико-поток между Пловдив и Свиленград, особено в междугарията Димитровград-Свиленград, не е целесъобразно там да се движат скоростни влакове.

През втория етап – 2024-2028 г., на базата на прогнозите за скорости и пътнико-потоци, могат да бъдат закупени още 4 скоростни влакове от същия тип, с което да се подобри обслужването и по жп линии № 7 (до Видин), № 6 (до Гюешево) и № 5 – поне до Благоевград, ако се вземе решение за модернизация и на тази линия в по-кратки срокове. Окончателният им брой и сроковете за доставка е целесъобразно да се определят след изясняване сроковете за завършване на модернизация на тези линии.

4.2. Бързи влакове

На първи етап се предвижда да се закупят 10 бр. нови 4-секционни ЕМВ за средни и дълги дестинации, за максимална скорост 160 km/h (скорост, с която да се оперира – 130÷140 km/h), подобни на сегашните ЕМВ – 30/31 серия, но с повишено ниво на комфорт. Целесъобразно е те да се движат по участъците с висока рентабилност и населеност. Те ще оперират в „прозорците“ между скоростните влакове и ще обслужват пътниците по линиите без скоростни влакове.

В сега действащият ГДВ с електрически локомотиви серия 44/45 се обслужват 45 влака, при средна рентабилност 27 % и средна населеност 90 човека.

Имайки предвид финансовите рамки, предвидени с бюджета за нов подвижен състав, се вижда че не е възможно да се закупят достатъчен брой ЕМВ с повишено ниво на комфорт (около 20 бр. ЕМВ). Поради това предложението е закупуването да стане

на два етапа, като в първия до 2018/23 г. се закупят 10 бр. ЕМВ. Бързите влакове, които ще се обслужват от новозакупените състави са определени на базата на реалните и прогнозни потребности и нови актуализирани графици за движение.

На втория етап, на база на прогнозите за скорости и пътнико-потоци, се предлага да бъдат закупени още до 10 бр. ЕМВ от същия тип, за уплътняване графика на движение на бързите влакове.

В края на първия период (2021-2022 г.), след допълнителна преценка на тенденциите за увеличаване или намаляване търсенето на различните типове влакове (бързи, крайградски, регионални и второстепенни) е възможно този брой да се намали, за сметка на закупуването на ЕМВ за крайградските, регионалните и второстепенните влакове.

4.3. Пътнически влакове

Пътническите влакове ще се обслужват от 3- и 4-секционни ЕМВ и ДМВ с параметри, аналогични на сега използваните *Siemens-Desiro*.

Крайградски влакове

На първия етап – 2018-2023 г. е целесъобразно да се подменят с нови ЕМВ влаковете, при които има голям пътнико-поток и рентабилност над 20 %. Предлага се закупуването на 8 бр. нови 4 секционни ЕМВ. По настоящия график и съгласно предоставената справка за рентабилността на превозите, това са 36 крайградски влака, основно обслужвани с електрически локомотиви серия 44.

На втория етап (2024 ÷ 2028 г.) предложението е да се закупят още 10 бр. нови ЕМВ, за обслужване на останалите крайградски влакове, при които по сега действащия ГДВ рентабилността е под 20 %.

Регионални влакове

За обслужването на тези влакове се предлага закупуване на 2 бр. нови 3 секционни ЕМВ, който ще заменят влаковете с 2 вагона по участъка Г. Оряховица-Русе-Г. Оряховица, обслужвани сега с локомотиви 44 серия.

Поради тежкия профил на пътя и ниската максимална скорост – 65 km/h, влакове от 3 или 4 вагона с електрически локомотиви 44 серия ще продължат да се движат по участъка Ст. Загора-Г. Оряховица-Ст. Загора.

Закупуване на 4 бр. нови ЕМВ – 3 секционни, за участъка Лом/Видин-Мездра-Червен бряг-Г. Оряховица и 1 бр. нов ЕМВ за покриване на ЕП и ремонти в депо Мездра. Те ще заменят влаковете с 2 вагона, които сега се обслужват с локомотиви серии 32 и 44.

На втория етап, на база на прогнозите за скорости и пътнико-потоци, да бъдат закупени още 15 нови 3-4 секционни ЕМВ, за регионалните влакове по жп линии №№ 2, 3 (София-Бургас, през Карлово), 8 и 9 (Русе-Варна). По сегашния ГДВ те поетапно ще

замят пътническите влакове с по 2 вагона, обслужвани с локомотиви серия 44/45.

Второстепенни влакове

Изборът на участъците, по които да се експлоатира нов тягов подвижен състав, е направен на основата на анализи, като приоритетни са участъците, които:

- се експлоатират със стари ЕМВ (32 серия);
- влаковете са с до 3 вагона, обслужвани от мощни локомотиви (серии 07, 44/45);
- са с по-висока населеност на влаковете.

За първия етап се предлага закупуването на 5 бр. нови 3-секционни ЕМВ за участъците Габрово-Царева Ливада, Бойчиновци-Берковица (Монтана) и Брусарци-Лом, а така също 5 бр. 2-секционни ДМВ за участъците Левски-Свищов и Левски-Троян.

За втория етап се предлага закупуването на 2 бр. 2-секционни ДМВ за участъка Самуил-Силистра и 3 бр. 2-секционни ДМВ – за покриване на ЕП и ремонти, и за оперативен резерв.

5 Заключение

В заключение може да се обобщи, че при изпълнение на предложението за закупуване на нов подвижен състав, той ще се обнови спрямо сегашното състояние с:

- първи етап – 40 %,
- втори етап – 45 %.
- 85 % в края на втория етап.

Схемата за закупуване (по етапи, видове състави и участъци, по които да се въведат в експлоатация новите състави), е дадена в Таблица 2.

Табл. 2. Схема за закупуване нов тягов състав за БДЖ-ПП.

ТИП НА ВЛАКА									
Скоростен влак, 6 секции с повишено ниво на комфорт		Бърз ЕМВ, 4 секции с повишено ниво на комфорт		Пътнически ЕМВ, 3 секции		Пътнически ЕМВ, 4 секции		Пътнически ДМВ, 2 секции	
Етап 1	Етап 2	Етап 1	Етап 2	Етап 1	Етап 2	Етап 1	Етап 2	Етап 1	Етап 2
6	4	10	10	12	5	8	20	5	5
10		20		17		28		10	
				45					

6 Изводи

Извършената работа позволява да се направят следните основни изводи:

- Наличният подвижен състав, не може да осигури по-атрактивни времепътувания, чрез скорости на движение от и над 160 km/h, каквито скорости се

предвиждат при модернизацията на железопътните линии;

- Сегашното състояние на влаковете не отговаря на изискванията за комфорт на пътуването;
- При закупуване на нов тягов подвижен състав за БДЖ-ПП, може да се очаква увеличаване на броя на превозените пътници. Това ще допринесе за намаляване на вредното екологично въздействие на транспорта като цяло, защото железопътният транспорт е най-екологичен в сравнение с останалите видове;

Предвид важноста на националния железопътен транспорт за страната, обновяването му ще окаже цялостно положително въздействие.

Литература

1. Отчети, графици и статистическа информация на БДЖ-ПП.
2. Профил на клиента. БДЖ-ПП, (2017)
3. Отчет на МТИТС за 2016 г. по изпълнение на мерките, произтичащи от плановете за енергийна ефективност. София, МТИТС, (2017)

Defining the number and the type of the "BDZ Passenger Services" Ltd. new trains

Oleg Krystev¹, Kiril Velkov¹, Valeri Stoilov¹, Svetoslav Slavchev¹ and Ivan Petrov²

¹Technical University – Sofia, Department of Railway Engineering, Bulgaria

²High Transport School "T. Kableshev" – Sofia, Bulgaria

Abstract: The number and type of new trains needed by „BDZ-Passenger Services“ Ltd. were determined, taking into account the energy costs; the cost of servicing the train stock; repair costs; the cost of infrastructure charges; the number of days for the movement of trains. When determining the number and type of new rolling stock, the forecasting of the speed changes after the modernization of the National Railway Infrastructure Company (NRIC) rail network has been taken into account. The experience of a considerable number of railway administrations, mainly in Europe, has been explored, as well as the achievements of the leading traction rolling stock companies.

Подобряване на процеса по почистване на товарни коловози при товарене на вагони с въглища в предприятието от въгледобивната промишленост

Светослав Мартинов^{1,*} и Явор Грозев²

¹ Катедра „Железопътна техника“, Факултет по транспорта, Технически университет – София, България

² Факултет по транспорта, Технически университет – София, България

Резюме. Докладът представя усъвършенствана технология за почистване на товарните коловози от разпилени въглища и въглищен прах при товарене на вагони в предприятието от въгледобивната промишленост. Технологията позволява почистването на коловозите да се извършва без продължително прекъсване на процеса по подаване и товарене на железопътните състави с въглища. В доклада е предложен сравнителен анализ и оценка на производителността при товарене на вагоните с прилагане на технологията и промяна на организацията на товарните дейности.

1 Въведение

Мини „Марица-изток“ ЕАД [1] е въгледобивен комплекс на територията на Република България, който експлоатира Източномаришкото лигнитно въглищно находище. Към предприятието са обособени три рудника за добив на въглища по открит способ – „Трояново-1“, „Трояново-север“ и „Трояново-3“. Откритите работи в рудниците се извършват чрез поточна технология с използване на роторни багери и гумено-лентови транспортни системи и насипообразуватели, формиращи т. нар. „Разкривно-транспортни насипищни комплекси“. Извозването на добитите въглища чрез железопътен транспорт от претоварните пунктове до потребителите е съсредоточено в рудниците „Трояново 1“ и „Трояново-север“ [2].

Характерна особеност [3] на железопътната инфраструктура в Мини „Марица-изток“ са изключително тежките условия на работа, високата интензивност на движението в участъците от товарачите до потребителите и високата степен на замърсяване на железния път. При товарене на въглищата върху вагоните се разпилява до 10% от материала подаван от претоварните системи (претоварачите). Разпиленият материал замърсява товарната площадка и коловози, като влошава характеристиките на баластовата призма. Това затруднява технологичния процес по подаване и изваждане на вагоните, като създава опасност от дерайлиране и повреда на подвижния състав и железния път. За почистване на разпиленият материал върху и около товарните коловози въглища и въглищен прах с челни кошови товарачи се налага периодично да бъде прекъсвано подаването на вагони за товарене. Технологичните престои за почистване на коловозите и прекъсването на товаренето на

вагоните намалява експлоатационната производителност на товарния фронт.

2 Анализ на съществуващата технология за почистване на коловозите

Технологията за добив на полезно изкопаемо в рудник „Трояново-север“ се извършва по открит способ чрез роторни багери, които посредством система от гумено-лентови транспортъори подават разкопаните въглища до претоварни пунктове в които се товарят вагони. На рудника, в добивен участък, работят два роторни багера SchRs 1200 и два верижни многокофови багера ERs 710 за изземване на въглища до 15 m под котата на стоене на багера [1]. Чрез система от гумено-лентови транспортъори добития материал се транспортира до претоварна станция (претоварач) за товарене на вагоните. Лентовите транспортъори захранват претоварната система, товареща въглищата върху вагони. Товарната площадка разполага с два глухи успоредни коловоза с полезна товарна дължина 135 m и релси открит тип. В началото на товарната площадка е разположен претоварача.

Рудникът работи при непрекъснат денонощен режим, като се приема, че товарене на вагони се извършва 336 денон./год. Разпилените, при товарене на вагоните, въглища и въглищен прах се натрупват около и върху товарните коловози, като недопустимо количество разпилян материал се достига за около 46 h. Прекратява се работата на претоварача и подаването на вагони за натоварване. След изтегляне на последния натоварен състав се извършва почистване на зоната на товарните коловози. За почистване се използват два челни кошови товарача, работещи

* Corresponding author: s.martinov@tu-sofia.bg

едновременно. Разпиленият материал се избутва и натрупва на обособено място, извън зоната за товарене на вагоните. Технологичният период необходим за почистване на товарната площадка от челните товари е около 2 h. След освобождаване на коловозите от челните кошови товари се възстановява подаването на вагони за натоварване. Кошовите товари пренасят натрупаното количество разпилян материал и го претоварват на обособено за целта място върху гумено-транспортната лента. Годишно, за почистване на разпиления материал от товарните коловози при съществуващата технология, са необходими минимум 336 h през които не се извършва товарене на вагони.

Основните слабости на съществуващата технология за почистване на товарните коловози от разпилени въглища са:

- затруднено почистване на междурелсовото пространство на товарните коловози;
- необходимост от продължителни технологични престои за почистване на товарната площадка, през които не се извършва товарене на вагони;
- намалена експлоатационна производителност по товарене на вагоните;
- наличие на възможност за нанасяне на повреди по релсовия път в резултат на удари от почистващите машини;
- странични натоварвания на релсовия път в следствие на преминаването на ходовите колела на почистващите коловоза кошови товари;
- допълнителни разходи за поддържане на релсовия път, породени от затрудненото му почистване и нехарактерните натоварвания, които понася;
- разходи за осигуряване и експлоатация на челните кошови товари за почистване на коловозите и др.

3 Технология за почистване на коловозите с почистваща талига

В предприятието експериментално се разработва почистващо приспособление с помощта на което частично се автоматизира процеса по почистване на товарните коловози от разпилени въглища и въглищен прах. Приспособлението позволява да се извършва почистване на междурелсовото пространство, като се намали продължителността на периодите, необходими за почистване на товарните коловози от разпилян материал с челни кошови товари. Приспособлението е съставено от две основни части – работна и прикачна част. То се монтира върху рамата на двусна талига за товарни вагони [4, 5], формирайки конструкция - почистваща коловозите талига.

Работната част е съставена от две правоъгълни плочи – горна и долна. Горната плоча е неподвижна и чрез заваръчно съединение е свързана към едната челна греда на талигата. Долната плоча е работна и чрез нея се извършва загребване и избутване на попадналия върху релсовия път въглищен материал. В горния си край тя е лагерувана към долния край на горната плоча на която външно е монтиран лагерен възел, като е осигурена възможност за едностранното ѝ завъртане около хоризонталната лагерна ос.

Завъртането в другата посока е ограничено от ограничаващи планки, монтирани от вътрешната страна на горната плоча. Долната плоча изпълнява ролята на гребло с което се избутва попадналия върху релсовия път материал. За почистване на междурелсовото пространство в долния край на подвижната плоча са оформени два канала в които влиза глава релса и които не позволяват елементите на приспособлението да контактуват с релсите.

Прикачната част от приспособлението служи за прикачване на талигата към свободната теглична кука [4] на последния вагон от състава, подаден за натоварване. Тя е монтирана върху неподвижно захваната към външната страна на срещуположната челна греда на талигата метална плоча. Чрез подвижен елемент - хамут, оформен в работни равнини и лагеруван чрез лагерни възли към допълнително монтираната метална плоча, се осъществява прикачването на талигата към тегличната кука на вагона. При подаване на вагона към талигата и допирание на куката към една от работните повърхнини на хамута, той се завърта около лагерната ос, повдига се и куката попада в специален отвор с палец в горната част. Под действие на силата на тежестта хамута се завърта обратно, подвижният му край пада надолу и позиционира палеца в работната зона на куката, като по този начин я фиксира срещу самоосвобождаване.

Разкачването на почистващата талига от последния вагон на подадения за товарене състав се осъществява при изтегляне на вагоните от товарния коловоз след натоварването им. За освобождаване на прикачното приспособление се използва механизъм с подвижен повдигателен прът, разположен под хамута на талигата. Задвижването на пръта се извършва чрез допълнителна релса, монтирана на релсовия път в зоната след претоварача. Повдигането на хамута от повдигателния прът се осигурява при преминаване над допълнителната релса. В останалите участъци от релсовия път, повдигателния прът е в крайно долно положение и не контактува с хамута. След повдигането на хамута от пръта, талигата се освобождава от куката на последния вагон.

Технологичната последователност на почистване на попадналия въглищен материал върху товарната зона с почистващата талига е: талигата е разположена в началото на товарния коловоз преди зоната за товарене на вагоните от претоварача. При подаване на състав за товарене на коловоза, последният вагон от състава, достигайки талигата, се прикачва към нея с помощта на прикачното приспособление. Подаването на вагоните се извършва от бутащ локомотив начело на влака. След прикачване на почистващата талига към последния вагон и подаване на вагоните за товарене, едновременно се изпълнява и почистване на разпиления материал. При движението на вагоните, греблото на талигата изтласква разпиления материал встрани от релсовия път и към края на товарния коловоз. След натоварване на вагоните, подаването на въглища от претоварача се прекратява и състава се изтегля от обслужващия локомотив. Възможността за завъртане на работната плоча около оста си в едната посока позволява работното състояние на

почистващата талига и почистването да се извършва само в посока подаване на вагоните за товарене. При изтегляне на вагоните от коловоза след натоварването им, конструкцията на почистващата талига не позволява да се избутва разпилян материал.

4 Сравнителен анализ на производителността по товарене на вагоните

Средноденонощният брой железопътни състави [2], които се подават за натоварване на всеки претоварач в рудник „Трояново-север“ е 21-22 влака/денон., в зависимост от претоварача. Средната статична маса на товара е 530 t/вак при 10 вагона в един състав. Периодът, необходим за натоварване на един състав с въглища е със средна продължителност около 19 min/вак.

Минималната интензивност N_{RT} , бр./год. на почистванията на товарните коловози, обслужващи претоварача, която е необходимо да се осигури за едногодишен период при непрекъснат денонощен режим на работа е:

$$N_{RT} = \frac{24 N_D}{T_W + T_C}, \text{ бр./год.}, \quad (1)$$

където: N_D е броят на денонощията през които се товарят вагони от претоварача, денон./год.; T_W – продължителността на периода за товарене на вагони след изтичането на който е необходимо почистване на коловозите от разпилян материал, h; T_C – продължителността на периода през които се почистват товарните коловози и не се извършва подаване и товарене на вагони, h.

Количеството въглища Q_L , t/год., които се натоварват върху вагони от един претоварач за период една година, се определя по:

$$Q_L = I_T Q_T N_D, \text{ t/год.}, \quad (2)$$

където: I_T е средната интензивност на влаковете, постъпващи за натоварване на товарния фронт, влака/денон.; Q_T – средното статично натоварване на товара в един влак, t/вак.

Продължителността на периода T_S , h/год., осигурен за товарене на вагони от претоварача е:

$$T_S = 24 N_D - T_R, \text{ h/год.}, \quad (3)$$

където: T_R е общата продължителност на периодите за почистване на коловозите от разпилян материал с челните кошови товарачи, h/год.

Средната масова експлоатационна производителност P_{EL} , t/h на претоварача при товарене на вагоните е:

$$P_{EL} = P_{TL} K_{TE} = \frac{60 Q_T}{T_T} K_{TE}, \text{ t/h}, \quad (4)$$

където: P_{TL} е средната масова техническа производителност на претоварача при товарене на вагоните, t/h;

K_{TE} – коефициентът на използване на претоварача по време; T_T – средната продължителност на периода за натоварване на един влак, min/вак.

Стойността на коефициента K_{TE} отчита периодите на технологични престои [6, 7] през които не се извършва товарене на вагони от претоварача. Средноденонощната стойност на коефициента, с отчитане на експлоатационните условия на работа на товарния фронт, се определя по:

$$K_{TE} = \frac{I_T T_T}{1440}. \quad (5)$$

При съществуващата технология на почистване на товарните коловози от разпиляни въглища е необходимо, да се извършват минимум 168 почиствания годишно. Количеството въглища, които се натоварват от един претоварач върху железопътните състави, зависи от различни условия – план за добив, производствена мощност на рудника по добив, организация за извозване на добитите въглища и др.

Годишното планирано количество въглища за добив в Мини „Марица-изток“ [8] за 2017 г. е 27,5 млн. t/год. При среднодневно натоварване на един претоварач над 11600 t/денон., годишното количество въглища за претоварване върху железопътни състави от един претоварач достига около 4 млн. t/год. Използването на почистващата талига изисква товарните коловози да се почистват минимум 172 пъти годишно. Намаленият интервал между периодите за почистване на коловозите се дължи на по-кратките периоди за почистване на коловозите от кошовите товарачи и нарастване на интензивността на периодите през които се товарят вагоните с въглища. Почистването на коловозите от двата челни кошови товарача в този случай отнема общо около 1 h. Средната експлоатационна производителност, постигната от претоварача при съществуващата технология, е 486 t/h с отчитане на периодите за подаване и изтегляне на съставите на и от товарния фронт. При използване на почистващата талига, експлоатационната производителност нараства до 496 t/h. Тази стойност е значително по-ниска от техническата производителност на претоварачите, постигната при товарене на вагоните, чиято действителна стойност достига над 1670 t/h. Допълнителният период 164 h/год., осигурен за работа на претоварача, през който могат да се товарят вагони, дава възможност да бъдат натоварени над 79700 t/год. въглища. Това е възможност за натоварване на минимум 2% повече въглища в сравнение с настоящата технология на почистване на коловозите или над 150 влака/год., натоварени допълнително от един претоварач. Двата челни кошови товарача ще работят годишно общо около 320 h по-малко за почистване на товарните коловози, в сравнение с настоящата технология.

Сравнение на стойностите на основни параметри при съществуващата организация на почистване на коловозите и при използване на технологията с почистващата талига са показани в Таблица 1.

Таблица 1. Сравнителна таблица.

Показател	Измерение	Съществуваща технология	Технология с почистваща талига
Минимален брой на почистванията на коловозите	бр./год.	168	172
Обща продължителност на периодите за почистване на коловозите	h/год.	336	172
Период за товарене на вагони	h/год.	7728	7892
Коефициент на използване на претоварача по време	–	0,29	0,30
Експлоатационна производителност	t/h	486	496
Натоварени влака	влака/год.	7392	7542

5 Изводи

Технологията за почистване на товарните коловози с почистващата талига, при товарене на вагони с въглища, осигурява:

- регулярно почистване на коловозите при всяко подаване на вагони, което не позволява да се натрупва значително количество разпилян материал върху релсовия път;
- намалено износване на релсовия път и колелата на вагоните;
- допълнителен период за товарене на вагони;
- повишаване на експлоатационната производителност на претоварача, обслужващ товарния фронт;
- намаляване на периода за работа на челните кошови товарачи по почистване на коловозите;
- съкращаване на разходите на челните кошови товарачи, свързани с почистване на коловозите;
- намаляване на възможността за повреждане на релсовия път от кошовите товарачи и др.

Литература

1. <http://www.marica-iztok.com/> (28.08.2017)
2. Т. Размов, *Прилагане на интегралния подход при подобряване на управлението на веригата на доставките в минно-енергиен комплекс*, Монография. Годишник ВТУ „Тодор Каблешков“, 6, (2015)
3. О. Кръстев, К. Велков, Б. Дамянов, Оптимизация на пътното стопанство и технологията за поддържане и ремонт на железния път в Мини „Марица изток“ ЕАД, *trans&MOTAUTO`06*, (2006)
4. Т. Караджов, Ж. Димитров, *Вагони*, Техника, София, (1988)
5. В. Стоилов, С. Славчев, *Вагони*, ТУ-София, (2014)

6. В. Дивизиев, И. Коларов, М. Проданов, П. Караванов, *Подемно-транспортни машини и системи*, Техника, София, (1985)
7. С. Начев, *Машини и съоръжения за непрекъснат транспорт*, Техника, София, (1984)
8. <http://www.bgenh.com/> (28.08.2017)

Improvement of the track cleaning process at loading of freight wagons with coal in a coal mining enterprise

Svetoslav Martinov¹ and Yavor Grozev²

¹Department of Railway Engineering, Faculty of Transport, Technical University – Sofia, Bulgaria

²Faculty of Transport, Technical University – Sofia, Bulgaria

Abstract: In the article is represented an advanced technology for cleaning of the scattered coal and coal dust over track during wagons are loading into a coal mining enterprise. The technology allows the track cleaning to be carried out without a long interruption of the loading process of the freight wagons. In the present study is suggested a comparative analysis and productivity assessment of wagons loading by applying of the new technology.

Methods for quantitative analysis of dynamic fault trees

Emiliya Dimitrova^{1,*} and Plamen Atanasov¹

¹Todor Kableshkov University of Transport – Sofia, Faculty of Telecommunications and Electrical Equipment in Transport, Department of Telecommunications and Signaling, 1574 Sofia, 158 Geo Milev str., Bulgaria

Abstract. The so-called “Risk systems” are systems for management of technological processes, which, on given conditions, can cause severe damages, both material and moral. Therefore, the assessment of risk for these systems is crucial for their development and exploitation. Usually, it is useful to make quantitative analysis of such system. Fault Trees can be used for this purpose, which are directed acyclic graphs, whose leaves model component failures and whose gates - failure propagation. These trees can be applied for a number of systems, yet they cannot express system features such as: sequence of failures, spare management, different operational modes and dependent events. The Dynamic Fault Tree, the extension to Fault Tree, is capable of modelling such features. Naturally, the question of their quantitative analysis arises. This paper will discuss two methods for quantitative analysis: with Markov chains and with Monte Carlo simulation..

1 Introduction

Risk analysis is a key feature in reliability engineering: we need to assess how dependable these systems are, in order to design and build transport systems, smart grids, and internet shops that meet the required dependability standards. If they are not dependable enough we must take the appropriate measures. This analysis is most useful when carried out at design time [1-3].

One method for risk analysis is a type of graph - more precisely, directed acyclic graph - the Fault Tree (FT), which was introduced in the 1960s at Bell Labs. Fault Tree Analysis (FTA) identifies models and evaluates the unique interrelationship of events which lead to: Failure, Undesired Events / States, or Unintended Events / States. Nowadays FTA plays an important role in product certification, and to show conformance to legal requirements.

The Static Fault Tree lacks the ability to model the dependability behavior of systems in which the consistency of origins of failures is crucial. Dynamic Fault Trees (DFTs) extend Static (or Standard) Fault Trees with a number of intuitive gates. These gates facilitate the modelling of often recurring concepts in reliability engineering: spare management, functional dependencies, and order-dependent behaviour. This paper will discuss three methods for analysis of DFTs in the next sections.

2 Static and dynamic fault trees

2.1 Static fault trees

A Static fault tree consists of two types of nodes: events and gates. An event is an occurrence within the system, generally the failure of a subsystem down to an individual component. Events can be divided into basic events (BEs), which occur spontaneously, and intermediate events, which are caused by one or more other events. The event at the top of the tree, known as the top event (TE), is the event being analyzed, modeling the failure of the system or subsystem under consideration.

Fig. 1 shows the symbols for events. A basic event is presented by a circle (Fig. 1a). An intermediate event is depicted by a rectangle (Fig. 1b). If a FT is too large to fit on one page, triangles (Fig. 1c, Fig. 1d) are used to transfer events between multiple FTs to act as one large FT. Finally, sometimes subsystems are not really BEs, but insufficient information is available or the event is not believed to be of sufficient importance to develop the subsystem into a subtree. Such an undeveloped event is denoted by a diamond (Fig. 1e).

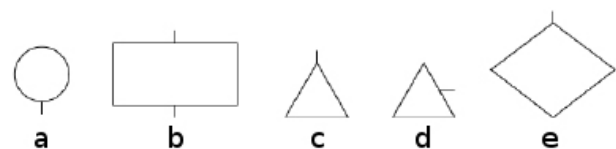


Fig. 1. Symbols for events in a FT.

Gates represent how failures propagate through the system, that is, how failures in subsystems can combine to cause a system failure. Each gate has one output and one or more inputs. Images of the gates are shown in Fig. 2. The following gates are commonly used in Static and Dynamic Fault Trees:

* Corresponding author: edimitrova@bitex.bg

- OR - Output event occurs if any of the input events occur (Fig. 2a);
- AND - Output event occurs if all of the input events occur (Fig. 2b);
- k/N - it has N inputs. Output event occurs if at least k input events occur (Fig. 2c).

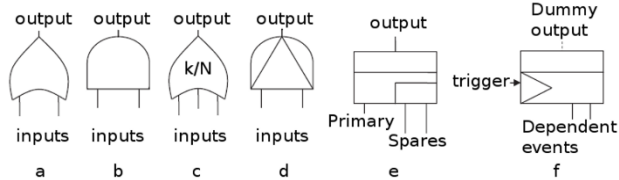


Fig. 2. Symbols for gates in a FT.

2.2 Dynamic fault trees

Traditional FTs can only model systems in which a combination of failed components results in a system failure, regardless of when each of those component failures occurred. In reality, many systems can survive certain failure sequences, while failing if the same components fail in a different order. For example, if a system contains a switch to alternate between a component and its spare, the failure of this switch after it has already activated the spare does not cause a failure.

The most widely used way of including temporal sequence information in FT is the DFT [4]. Since a DFT considers temporal behaviour, the methods used for the analysis of static FT cannot be directly used to analyze DFT.

The structure of a DFT is very similar to an FT, with the addition of several gate types shown in Fig. 2. The new gates are:

- PAND (Priority AND) - Output event occurs if all inputs occur from left to right (Fig. 2d).
- SPARE - Represents a component that can be replaced by one or more spares. When the primary unit fails, the first spare is activated. When this spare fails, the next is activated, and so on until no more spares are available. Each spare can be connected to multiple Spare gates, but once activated by one it cannot be used by another. Generally, spares components are ordered from left to right (Fig. 2e).
- FDEP (Function DEpendency) - Output is a dummy and never occurs, but when the trigger event on the left occurs, all the other input events also occur (Fig. 2f).

Some types of DFT have additional gates, which are:

- Hot Spare - Special case of SPARE gate, where the dormance factor of the spares is 1, i.e. the spare failure rate is the same as the normal failure rate.
- Cold Spare - Special case of SPARE, with a dormance factor of 0, i.e. spares cannot fail before activated.
- Priority OR - Fails when the leftmost input fails before the others. Can be replaced by a PAND and an FDEP.
- Sequence enforcing - Prohibits failures of inputs until all inputs to the left have failed. Can be replaced by (cold) SPARE provided the inputs are not shared with other gates.

Fig. 3 shows an example dynamic fault tree. The system fails if both the primary (P) and backup (B) fail, or if the primary fails when the switch (S) to enable the backup has already failed.

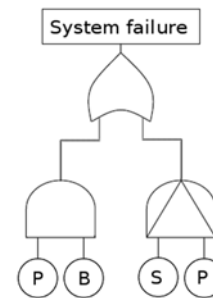


Fig. 3. A dynamic fault tree.

3 Quantitative analysis with Markov chains

3.1 Analysis with continuous-time Markov chains (CTMCs)

This method computes the unreliability of the system during a time window $[0; t]$. This method converts the DFT into a Markov Chain, in which the states represent the history of the DFT in terms of what components have failed and, where needed, in what order. Since the number of failed subsets grows exponentially in the number of BEs, this method is not practical for very complex systems.

3.2 Analysis with input/output interactive Markov chains (I/O-IMCs)

Input/Output Interactive Markov chains (I/O-IMCs) extend interactive Markov chains (IMCs) [4] by integrating features from input/output automata. An I/O-IMC (Fig. 4) consists of a number of states which are connected via transitions. As in interactive Markov chains, transitions are classified as either Markovian transitions or interactive transitions. Markovian transitions represent a system delay. They are labelled with rates λ indicating that the transition can be taken after an exponentially distributed delay with parameter λ .

On the other hand, interactive transitions are executed instantly. They are labelled with different kinds of actions:

- Output actions (denoted $a!$) cannot be delayed and have to be taken immediately. They emit the output signal $a!$ on which corresponding input actions can synchronize.
- Input actions (denoted $a?$) can only be taken, if another I/O-IMC executes an output action $a!$; we say that $a?$ requires synchronization on $a!$. The action is thus possibly subject to delays.

I/O-IMCs are input-enabled, meaning that all states in an I/O-IMC can respond to all input signals from any other I/O-IMC in the considered system.

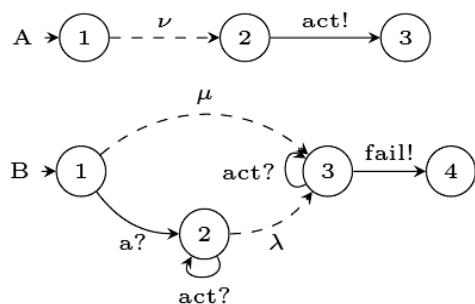


Fig. 4. Examples of I/O-IMCs.

4 Quantitative analysis with Monte Carlo simulation

The third method, Monte Carlo, can also be used to compute the system reliability. Each component is randomly assigned a failure state based on its failure probability. The FT is then evaluated to determine whether the TE has failed. Given enough simulations, the fraction of simulations that does not result in failure is approximately the reliability.

Quantitative Monte Carlo analysis can be performed using the method by Durga Rao et al. [4-6], which can also be applied when the components are individually independently repairable.

Boudali et al. [5] developed a program to analyze DFT using Monte Carlo simulation. It allows BE failure distributions to change over time, and even based on different clocks for different BE, resulting in non-Markovian models. This is useful when, for example, a system takes time to warm up and this affects the failure rates.

5 Types of parameters of a DFT

5.1 Reliability

The reliability of a FT F is the probability that it operates for a certain amount of time without failing [6, 7].

5.2 Availability

The availability of a system is the probability that the system is functioning at a given time. Availability can also be calculated over an interval, where it denotes the fraction of that interval in which the system is operational. Availability is particularly relevant for repairable systems, as it includes the fact that the system can become functional again after failure. For nonrepairable systems, the availability in a given duration may still be useful. The long-run availability always tends to 0 for nontrivial non-repairable systems.

5.3 Mean Time To Failure (MTTF)

The Mean Time To Failure (MTTF) describes the expected time from the moment the system becomes operational, to the moment the system subsequently fails.

In repairable systems the time to failure depends on the system state when it becomes operational. The first time, all components are operational, but when the system becomes operational due to a repair, some components may still be non-functioning. This difference is made explicit by distinguishing between Mean Time To First Failure (MTTFF) and MTTF.

While MTTF and availability are often correlated in practice, only the MTTF can distinguish between frequent, short failures and rare, long failures.

5.4 Mean Time Between Failures (MTBF)

For repairable systems, the Mean Time Between Failures (MTBF) denotes the mean time between two successive failures. It consists of the MTTF and the Mean Time To Repair (MTTR).

6 Conclusions

Three quantitative methods for analysis of DFT were examined. The first - with Markov chains (CTMCs) is only practical for smaller and less complex systems, because the CTMC becomes too large (its size grows exponentially with the number of basic events). The other two methods are more suitable for sophisticated systems. The analysis with I/O IMCs is difficult to implement and apply, however it allows the creation and computation of smaller models compared to the method with CTMCs. The Monte Carlo method has many applications and advantages, but in order to quantitatively analyse a DFT, the hardware, on which this simulation is realised, has to be with enough memory and processing power in order to benefit from the full potential of this method.

References

1. I. Milenov, V. Dimitrov, *ICEST-2013 Proceedings*, **2**, 767-770 (2013)
2. G. Pavlov, V. Dimitrov, Y. Isaev, M. Tomcheva, T. Lalev, L. Sekulov, *EF-2014 Proceedings*, **64**, **4**, 55-62 (2014)
3. G. Pavlov, V. Dimitrov, T. Lalev, A. Hristova, L. Sekulov, M. Tomcheva, *EF-2014 Proceedings*, **64**, **4**, 47-54 (2014)
4. E. Ruijters, M. Stoelinga, *Computer Science Review* **15-16**, 29-62, (2015)
5. H. Boudali, P. Crouzen, M. Stoelinga, *In DSN*, 708-717, (2007)
6. F. Arnold, A. Belinfante, F. Berg, D. Guck, M. Stoelinga, *SAFECOMP'13 Proceedings*, LNCS, Springer, (2013)
7. E. Ivanov, P. Atanasov, "MTC", **14**, **3/2**, XI-38 - XI-43, (2016)

Software products for quantitative analysis of dynamic fault trees

Emiliya Dimitrova^{1,*} and Plamen Atanasov¹

¹Todor Kableshkov University of Transport - Sofia, Faculty of Telecommunications and Electrical Equipment in Transport, Department of Telecommunications and Signaling, 1574 Sofia, 158 Geo Milev str., Bulgaria

Abstract. It is known that "Risk systems" are responsible for processes, which can cause severe damages if the parameters go beyond the preliminary boundaries. It should be taken into account that these systems are not so simple in most cases. Therefore, the Dynamic Fault Tree, which describes the system will most probably be complex. For this reason, it is convenient to use automated techniques like calculation with a computer program. It is sometimes suitable to plot a graph in addition to the numerical results. Two different software utilities, which rely on different algorithmic principles and have certain capabilities, will be presented - DFTCalc, which uses Markov chains, and YAMS, which utilises Monte Carlo simulation.

1 Introduction

An important feature in reliability engineering is risk analysis: in order to design and build transport systems and nuclear plants, for example, that meet the required dependability standards, one needs to assess how dependable these systems are, and take appropriate measures if they are not dependable enough. When carried out at design time, this analysis is most useful. Then important reliability decisions are made concerning the system architecture, the level of redundancy and spare management. One relatively popular method for risk analysis is a type of graph - the Fault Tree (FT).

The better-known Static Fault Tree (SFT) cannot model the dependability behavior of systems in which the consistency of origins of failures is important. The Dynamic Fault Tree (DFT) extends SFT with a number of gates. They facilitate the modelling of often recurring concepts in reliability engineering: spare management, functional dependencies, and order-dependent behaviour. There are many methods for analysis of a DFT. Some examples are with Continuous-Time Markov Chains, with Input/Output Interactive Markov Chains (I/O IMC) and with Monte Carlo Simulation. Each method has its advantages and disadvantages. Two software products for quantitative analysis of a DFT will be presented - DFTCalc and YAMS. DFTCalc uses I/O IMC and YAMS utilises the Monte Carlo Simulation.

2 DFTCalc

DFTCalc can compute a number of different reliability characteristics. This includes:

- Timed-Reliability: the probability that the system fails until a given time point T or in a given interval $[T; T']$;

- Mean Time To Failure (MTTF): the expected time to a system failure;
- Reliability: the probability that the system fails in the long-run.

Whereas traditional methods for analysis of a FT translate a DFT into a large and monolithic Continuous-Time Markov Chains (CTMC), DFTCalc does this in a stepwise manner: First, DFTCalc translates each element (i.e., gate or basic event) into an I/O IMC. Then, DFTCalc obtains the underlying CTMC by composing all I/O-IMCs. DFTCalc composes these I/O-IMCs one-by-one, and employs aggressive state space compression technique in each step, in order to keep the state space minimal.

DFTCalc combines dedicated code and the state-of-the-art model checkers CADP, MRMC and IMCA.:

- CADP supports construction, minimisation and analysis of IMCs. It compiles and generates the state space from a LotosNT [1] specification. The compositional verification engine of CADP can compose a network of communicating IMCs. The tool set also enables minimisation modulo strong and branching bisimulation.
- MRMC is a model checker for discrete-time and continuous-time Markov reward models.
- IMCA is a tool for the quantitative analysis of IMCs. In particular, it supports the verification of IMCs against unbounded reachability, time- and interval-bounded reachability, expected-time objectives, and
- long-run average objectives.

DFTCalc can be used either by downloading a stand-alone version, or via a web interface. DFTCalc is open source, but requires a license for CADP, which is free for academic institutions. The web interface is realised with the use of PUPTOL and extends downloadable version with a Graphical User Interface (GUI) as well as the plot

* Corresponding author: edimitrova@bitex.bg

function. It allows the user to input DFT models via a text screen and select the dependability metrics. This can be the reliability for one or more mission times x , or the probability on a system failure during an interval $[T_1; T_2]$, or the MTTF. The user can also set various options: which model checker to use, the error bound, the level of verbosity, and whether to color output. The results can be given either by numbers, via the button show result, or as a plot, via the button plot result. The input and configuration of the web interface can be saved via the button permalink.

3 YAMS

In order to analyze quantitatively the parameters of a DFT with YAMS, it has first to be drawn in KB3, part of the project Visual Figaro [2], which includes YAMS. The user also has to export the model from KB3 to FIGARO0 text file, which serves as an input file to YAMS. Of the new dynamic gates KB3 has only PAND, however [3] shows equivalent transformations for other dynamic gates using the static ones and PAND.

The threshold settings allow to limit the search for sequences.

Certain settings are compulsory because they are railings intended to prevent the program from remaining blocked in an infinite loop (number of turns in the interaction rules and number of fixed time firings), the others can be inhibited by using the adjacent checkbox (ticking the compartment consists in activating the setting).

The setting “max turns in interaction rules” limits the number of runs of the interaction rules of a stage; if the stabilization of the system is not obtained at the end of this number of turns, the sequence is stopped and is not taken into account for the calculation of the indicators.

The parameter “max fixed time firings” limits the number of successive instant states; if this number is exceeded, the sequence is stopped and is not taken into account for the calculation of the indicators.

The setting “max branches” limits the number of branches of a sequence (a branch allows to pass from a state to the other one); if this number is exceeded, the sequence is stopped and is not taken into account for the calculation of the indicators.

The setting “max histories simulated” limits the number of histories (of sequences) simulated; if this number is reached, the simulation is stopped.

The setting “max real time (mn)” limits the duration of the simulation (user time in minutes); if this time is reached, the simulation is stopped.

At least one of the two latter parameters must be active so that the simulation can be launched (existence of a stop criterion).

The instants can be described under two forms:

- Instant: absolute time from the 0 instant which is the beginning of any sequence,
- Interval: series of instants distributed in an interval defined by its time of beginning ($T_0 \geq 0$), its time of ending ($T_1 \geq T_0$) and the number of stages of sampling ($N > 0$).

Example: with $T_0 = 0$, $T_1 = 20$, $N = 5$, the defined instants are: 0, 4, 8, 12, 16, 20.

“Add Instant”, “Add Interval” and “Delete” buttons allow to manage the contents of the list. The settings must be modified directly in the list.

The instants are always added at the head of the list and the intervals at the bottom, but the order of definition of the instants and of the intervals has no influence on the results of simulation.

- Seed of the pseudo random generator

The pseudo random generator is a Markovian process: every firing is deduced from the precedent.

By fixing the seed of the generator, one can define in a fixed way the successive firings done by the generator and thus exactly replay a simulation.

The next step in our case is to add an indicator - the unreliability of the top event of the DFT.

4 Quantitative analysis of a DFT using DFTCalc and YAMS

Electrical power supply is essential in the operation of process and safety system of any Nuclear Power Plant (NPP). Grid supply (off-site-power supply) known as Class IV supply is the one which feeds all these loads. To ensure high reliability of power supply, redundancy is provided with the diesel generators known as Class III supply (also known as on-site emergency supply) in the absence of Class IV supply to supply the loads. There will be sensing and control circuitry to detect the failure of Class IV supply which triggers the redundant Class III supply. Loss of off-site power supply (Class IV) coupled with loss of on-site AC power (Class III) is called station blackout. As mentioned in [4], accident sequences resulting from station blackout conditions have been recognized to be significant contributors to the risk of core damage. For this reason the reliability/availability modeling of AC Power supply system is of special interest in the safety assessment of NPP.

The DFT (Fig. 1) has one PAND gate having two events, namely, sensor and Class IV. If sensor fails first then it will not be able to trigger the Class III, which will lead to non-availability of power supply. But if it fails after already triggering Class III due to occurrence of Class IV failure first, it will not affect the power supply. As Class III is a stand-by component to Class IV, it is represented with a cold spare gate (CSP). This indicates their simultaneous unavailability will lead to supply failure. There is a FDEP gate as the sensor is the trigger signal and Class III is the dependent event.

For simplicity and in order to compare the results, as DFTCalc does not analyse repairable systems, we will assume that the system from Fig. 1 is not repairable. According to [4] the failure rates of the components are:

- Class IV – $2,3 \times 10^{-4}$ [1/h];
- Sensor – $1,0 \times 10^{-4}$ [1/h];
- Class III – $5,3 \times 10^{-4}$ [1/h].

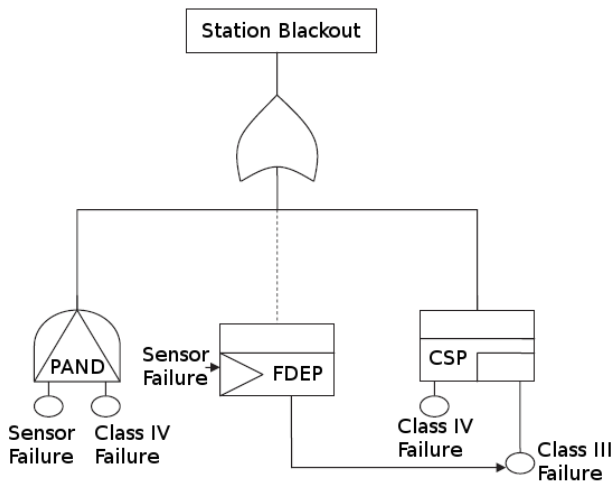


Fig. 1. DFT model for station blackout.

These input values, together with computation of MTTF and unreliability from 0 to 10000 hours and step 500 hours with DFTCalc gave the plot (Fig. 2).

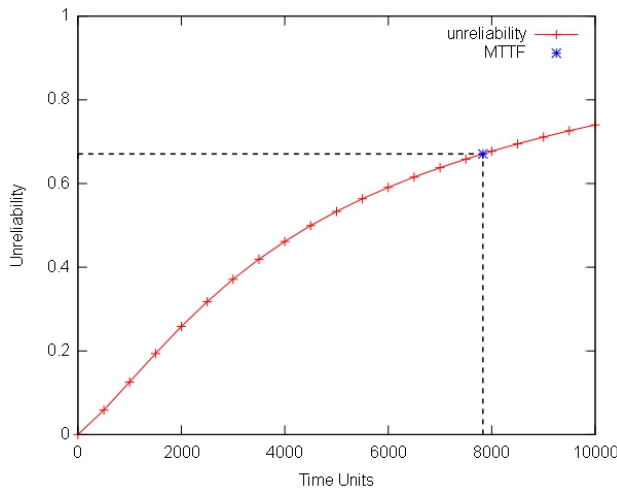


Fig. 2. Plot of the unreliability of the DFT with DFTCalc.

MTTF is 7830,19 hours.

YAMS was run with the forementioned failure rates and the following simulation settings:

- Maximum number of branches per sequence: No limit;
- Maximum number of successive instantaneous occurrences: 10;
- Maximum number of turn in interaction rules before stabilization of the state: 200;
- Maximum number of histories: 10000.

Table 1 shows the results from YAMS and DFTCalc.

5 Conclusion

Two software products for quantitative analysis of a DFT were presented. The DFT for station blackout was analysed quantitatively with DFTCalc and YAMS with the mentioned failure rates of the components. It can be noticed that there is very little difference between the results of the two programs.

Table 1. Unreliability of the DFT computed with YAMS and DFTCalc.

Hours of operation (Time Units)	Unreliability (YAMS)	Unreliability (DFTCalc)
0	0	0
500	0,0584	0,0584
1000	0,1252	0,1256
1500	0,1954	0,1936
2000	0,2645	0,2582
2500	0,3247	0,3176
3000	0,3779	0,3711
3500	0,4239	0,419
4000	0,467	0,4615
4500	0,5017	0,4994
5000	0,5327	0,5331
5500	0,5638	0,5634
6000	0,5931	0,5906
6500	0,6173	0,6152
7000	0,6414	0,6376
7500	0,6614	0,6581
8000	0,6791	0,677
8500	0,6976	0,6945
9000	0,7129	0,7107
9500	0,7266	0,7259
10000	0,7418	0,74

References

1. E. Ruijters, M. Stoelinga, *Computer Science Review* **15-16**, 29-62, (2015)
2. <https://sourceforge.net/projects/visualfigaro/files/>
3. G. Merle, *Algebraic modelling of Dynamic Fault Trees, contribution to qualitative and quantitative analysis*, Ph.D. thesis, École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, (2010)
4. K. Durga Rao, V. Gopika, V. Sanyasi Rao, H. Kushwaha, A. Verma, A. Srividya, *Reliability Engineering & System Safety*, **94**, **4**, 872-883, (2009)
5. H. Boudali, P. Crouzen, M. Stoelinga, *In DSN*, 708-717, (2007)
6. F. Arnold, A. Belinfante, F. Van der Berg, D. Guck, M. Stoelinga, *SAFECOMP'13 Proceedings*, LNCS. Springer, (2013)
7. M. Bouissou, *ESREL Proceedings*, (2008)
8. <http://www.fmt.ewi.utwente.nl/puptol/dftcalc/>

Research of the dynamics of transport systems at impact of stochastic disturbances

Galina Cherneva¹ and Emiliya Dimitrova^{2,*}

¹ Todor Kableshkov University of Transport – Sofia, Faculty of Telecommunications and Electrical Equipment in Transport, Department of Electrical Engineering and Physics, 1574 Sofia, 158 Geo Milev str., Bulgaria

² Todor Kableshkov University of Transport – Sofia, Faculty of Telecommunications and Electrical Equipment in Transport, Department of Telecommunications and Signaling, 1574 Sofia, 158 Geo Milev str., Bulgaria

Abstract. The Transport systems are non-linear dynamic systems that obey the general rules and fundamental laws that are inherent in all complex systems, regardless of their nature and individuality. This concept is developed and substantiated by science Synergy. The Transport systems considered in a synergic aspect are dynamic systems in which order and chaos parallelly exist. They are subjected to a number of internal and external disturbances caused by random factors. These disturbances lead to fluctuations that can bring the system from one state to another. Thus, it is gradually getting to self-organizing and complicating the structure of the system in order to perform new functions. In the present article, the dynamics of a transport system as a result of random disturbances is investigated based on its modelling through the theory of non-linear dynamics.

1 Introduction

Transport systems (TSs), in the widest meaning, represent a combination of transport vehicles, equipment, transport infrastructure and human resources, through which, when appropriately managed, passengers and freights transport is carried out. Therefore, the TSs are complex non-linear dynamic systems and some general rules that are inherent in all complex systems, regardless of their nature and individuality, are valid for them [1, 2, 3]. In the literature, there are many research of transport systems [4, 5, 6], but relatively few of these research are based on the basic synergetic concepts [7] - organization, order, self-organization [8, 9, 10]

From the positions of synergy [1, 3], the macroscopic behavior of the system is described by one or more control parameters and order parameters. The mechanism of interaction between these parameters and the processes in the system determines its evolution. In that, any change in system parameters causes processes that build or break down its structures (synergies). Thus, it is gradually getting to self-organizing and complicating the structure of the system in order to perform new functions.

The transport systems are subjected to different external disturbances (Fig. 1) caused by many random factors. According to the conventional classification of dynamic systems [3], the TS can be defined as an open dissipative system. Furthermore, there is a continuous

exchange of information and/or energy with the external environment as it is shown in Fig. 1.

The disturbances lead to fluctuations that are fundamentally different from the internal fluctuations caused by the deviation of dynamic variables, and can lead to significant changes in system behavior. They have a multiplicative nature and with an increase in the intensity of the external impacts, the state of the TS is moving away from the optimal balanced state.

In according to the fluctuation–dissipation Welton theorem [8] the fluctuations can bring any system from one non-equilibrium state to another equilibrium one. Thus, some transitions from one phase to another exist. They are associated with the input of energy or substance from the outside, whereat the system spontaneously passes into a new in good order state. Transitions are realized at the system's control parameter changes when it reaches its critical value.

This expose defines the purpose of the present work - investigation the dynamics of a transport system as a result of random disturbances, based on its modelling through the theory of non-linear dynamics.

2 Modelling of a transport system

From the theory of non-linear dynamics, it is known that any continuous non-linear dynamic system can be described by a system of differential equations of the type:

* Corresponding author: edimitrova@bitex.bg

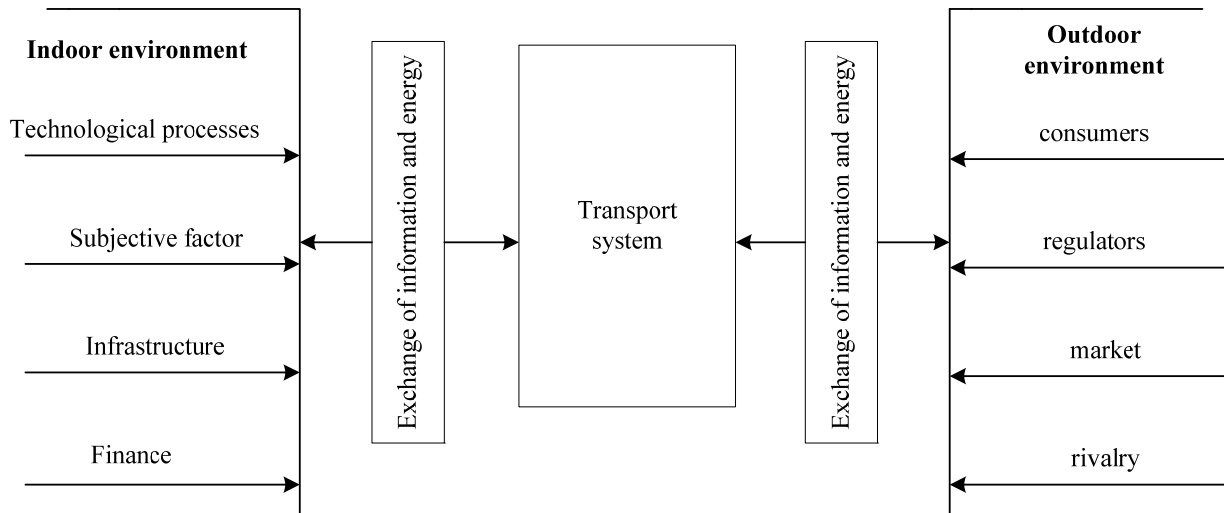


Fig. 1. Transport system as an open dissipative system

$$\frac{\partial X_i}{\partial t} = F_i \left[X_1, \dots, X_n, x^j, t, \lambda_k \right] \quad (1)$$

where $X(x^j, t)$ is the set of macroscopic variables of the non-linear dynamic system in function of spatial coordinates x^j and the time t ; F_i – non-linear functions; λ_k – control parameters; $i=1, 2, \dots, n$ – number of degrees of freedom.

From a mathematical point of view, the simplest non-linear dynamic system in which both regular and irregular processes are observed is the Lorenz system. It illustrates mutually agreed behavior of three degrees of freedom and is given in the form:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = \rho x - y - xz \\ \dot{z} = xy - \beta z \end{cases} \quad (2)$$

where σ, ρ and β are parameters, $x(t), y(t), z(t)$ – variables.

The equations (2) can be written by dissipative members inversely proportional to the times of relaxation of the variables τ_x, τ_y, τ_z [8, 9]:

$$\begin{cases} \dot{x} = -\frac{x}{\tau_x} + y \\ \dot{y} = -\frac{y_0 - y}{\tau_y} - g_y xz + g_x \sigma \xi(t) \\ \dot{z} = g_z xy - \frac{z}{\tau_z} \end{cases} \quad (3)$$

where τ_x, τ_y, τ_z are coefficients reflecting feedback in the system; y_0 – the stationary value to which the function reaches for the time of relaxation.

External impact is presented as a source of multiplicative stochastic disturbances $\xi(t)$ [9-12].

The simplest case of white noise disturbances is considered. Then $g_x = \sqrt{2}$ [11].

After converting the system (3), a differential equation for the variable $x(t)$ is obtained:

$$\frac{dx(t)}{dt} = -x(t) \left[1 - \frac{1}{1+x^2(t)} y_0 \right] + \sigma \frac{x(t)\sqrt{2}}{1+x^2(t)} \xi(t) = f(x) \quad (4)$$

where:

$$f(x) = \frac{\partial V(x)}{\partial x} \quad (5)$$

$$V(x) = \frac{1}{2} \left[x^2 - y_0 \ln(1+x^2) \right] \quad (6)$$

Thus, the system (3) is reduced to a one-parametric stochastic equation of the type (4), which takes into account the effect of external random disturbances on the process in the transport system.

According to [13], the decisions of the Eq. (4) are determined by the Fokker-Planck equation [14] regarding the density of probability for a transition in a Markov process:

$$\frac{\partial p(x,t)}{\partial t} = -\nabla J(x,t) \quad (7)$$

where $\nabla \equiv \frac{\partial}{\partial x}$ and the variable

$$J(x,t) = f(x)p(x,t) + \frac{\sigma^2}{2} \nabla \left[g_x^2 p(x,t) \right] \quad (8)$$

is a probability flow.

In [15] a fixed solution of the Fokker-Planck equation at probability

$$p_{st}(x) = \lim_{t \rightarrow \infty} p(x,t) \quad (9)$$

and probability flow is exposed as

$$J(x) = f(x)p_{st}(x) + \frac{\sigma^2}{2} \nabla \left[g_x^2 p_{st}(x) \right] = const. \quad (10)$$

The stationary decision determines the limits of the sustainable area of variation of the process speed in the system depending on external disturbances for the model under consideration.

The extremum of the function (9) is determined by the condition:

$$f(x_{extr}) - \frac{\sigma^2}{2} g_{xextr} \frac{\partial g_x}{\partial x} \Big|_{x=x_{extr}} = 0 \quad (11)$$

The following equation is obtained from (11):

$$(x_{extr}^2 + 1)^3 - y_0(x_{extr}^2 + 1)^2 - 2\sigma^2(x_{extr}^2 + 1) + 4\sigma^2 = 0 \quad (12)$$

From Eq. (12) follows that the process speed for the extreme point $x_{extr} = 0$ has critical value:

$$y_1 = 1 + 2\sigma^2 \quad (13)$$

The dependence (13) defines curve 1 in Fig. 1.

If the Eq. (12) will be analyzed, besides the zero root, it has two more real equal roots at the Discriminant:

$$\sigma^4 - \sigma^2 \left[\frac{27}{2} \left(1 - \frac{y}{3} \right) - \frac{y^2}{8} \right] + \frac{y^3}{2} = 0 \quad (14)$$

The Equation (14) defines curve 2 in Fig. 2, which, along with curve 1, defines the stable area of process variation in the transport system depending on external disturbances for the model under consideration.

As can be seen from Fig. 2, with a small variation of parameter σ , due to the disturbances, the transport system loses its sustainability to some limits.

Then two scenarios are possible – either a complete loss of sustainability and destruction, or the emergence of a self-organizing process.

During the self-organization, the interaction between the structures composing the transport system improves or new sustainable macro-states (structures) occur. New

connections are being created, the system is being restructured, new features appear, i.e. the system evolved. This process is illustrated by the algorithm shown in Fig. 3.

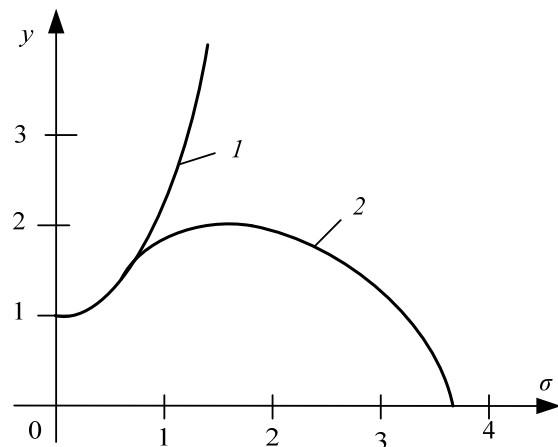


Fig. 2. Dynamics of the process in the transport system at impact of stochastic disturbances

3 Conclusions

Transport systems examined from the position of non-linear dynamics are modelled with non-linear differential equations. As in any real non-linear dynamic system, both regular and irregular processes can be observed. The proposed model of a transport system, based on the Lorenz system, enables the dynamics of the process at impact of stochastic disturbances to be studied.

It is shown that as a result of the disturbances, the system parameters are changed. This change leads to an unsustainable state of the transport system, but can also be a constructive start to a qualitatively new phase of development. Consequence of occurrence of the conditions: Openness of the system; Dissipation; A large number of elements (subsystems); Fluctuations of the parameters caused by the disturbances, a self-organizing process may also occur in the system.

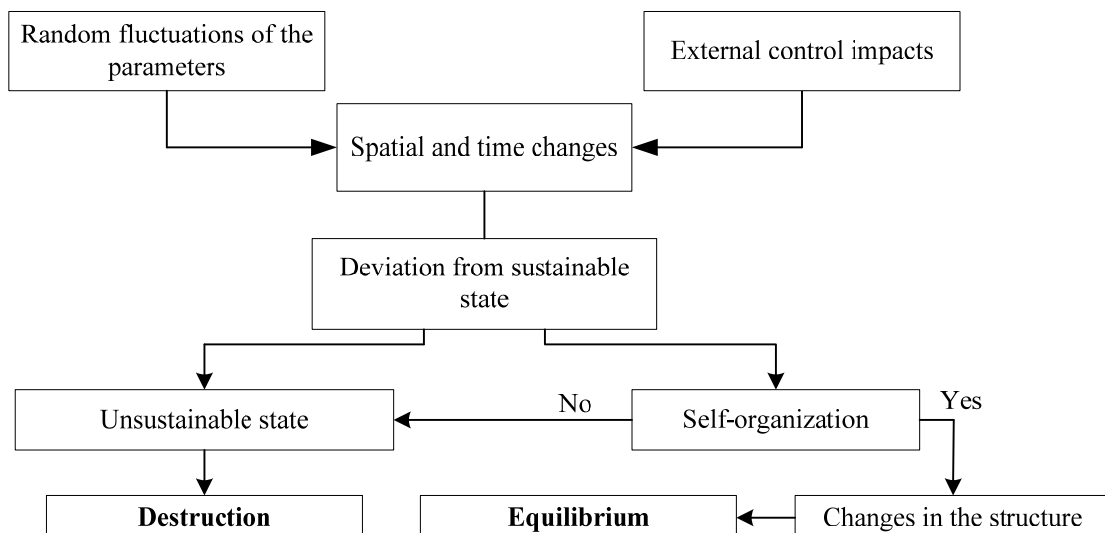


Fig. 3. Evolution of the transport system at impact of disturbances

The transition from instability to higher order equilibrium, at the improvement of the structure of the system and the performance of new features, determines its evolution.

References

1. J. Ortuzar, L. Willumsen, *Modeling Transport 3rd edition*. JohnWiley & Sons Ltd. (2008)
2. C. Papacostas, P. Prevedouros, *Transportation Engineering and Planning / 3rd edition*. Prentice Hall (2001)
3. H. Khalil, *Nonlinear Systems*. Prentice Hall (2001)
4. I. Prigogine, R. Herman, *Kinetic theory of vehicular traffic*. American Elsevier, N.Y. (1971)
5. Zuylen, J. Henk, M. van Geenhuizen, P. Nijkamp. *(Un)predictability in Traffic and Transport Decision Making*, Transportation Research Record 1685, TRB, National Research Council, Washington D.C., 21-28, (1999)
6. S. Paveri-Fontana, *Transportation Research*. **9**, **4**, 225–235, (1975)
7. A. Adewumi, J. Kagamba, A. Alochukwu. *Mathematical Problems in Engineering*, Art. ID 5656734 (2016)
8. E. Jackson, *Perspectives of Nonlinear Dynamics. I, II*, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1990)
9. H. Haken, *The Science of Structure: Synergetics*. Van Nostrand Reinhold, (1981).
10. V. Dimitrov, *ICEST Proceedings*, **3** 1018-1021, (2011)
11. H. Haken, *Synergetics. Introduction and Advanced Topics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (2004).
12. V. Dimitrov, “MTC”, **12**, **1**, art. ID 0933 (2014)
13. A. Olemskoi, *UFN*, **168**, **3**, 287–321 (1998)
14. H. Risken, *The Fokker - Planck Equation*. Berlin: Springer-Verlag, (1989)
15. A. Kolesnichenko, *IPM* **57**, 9-39 (2013)

Mobile GIS technologies for management of forest roads and control of timber transportation

Maria Asenova^{1,*}, Stanimir Stoilov¹ and Georgi Donchev²

¹University of Forestry, Faculty of Forestry, 10 St. Kliment Ohridski Blvd., 1797 Sofia, Bulgaria

²South-East State Forestry Enterprise, 15A Oreshaka St., 8800 Sliven, Bulgaria

Abstract. This paper presents modern technologies based on geographical information systems (GIS) used for managing forest road networks and ensuring control of timber transportation. Mobile GIS have been used to identify unlawful practices in timber transportation. Practical problems in forest roads' networks and timber transportation were solved on the territory of South-East State Forestry Enterprise, Sliven (Bulgaria), by GIS applications. On the basis of the results, we discuss ways of reducing illegal logging and assess forest road construction.

1 Introduction

GIS technology is widely used in the management and control of forest areas. The aim of this paper is to achieve, through GIS tools, a higher technical level in the maintenance of forest road networks and to increase the efficiency of forest transport control. This will lead to a reduction in the number of violations and the financial costs for the state due to financial and material losses.

2 The state of forest areas control activities

Control of forestry activities, storage, transportation, and processing of timber are carried out by the Executive Forests Agency (EFA) and by its 16 Regional Directorates of Forestry (RDF) in Bulgaria [1].

In 2016, 124883 vehicles were inspected in Bulgaria, 21999 violations were identified in forest territories, and 16684 penalty reports and tickets were issued for illegally harvested timber amounting to 26182 solid cubic meters [2]. There has been no significant change in the annual data reported over the last 5 years, but there has been a notable trend: repeat offenders constitute a large share of the total.

The issuance of electronic permits for logging and transport tickets was introduced in 2009 through the Internet-based information system of the EFA (SYSTEM.IAG.BG) [3]. Currently, transport tickets for timber transported from landings in forest areas, regardless of their ownership, are issued by the specialized system PB.IAG.BG [4]. The provisions of the Forest Law require vehicles transporting timber and non-timber forest products to be equipped with state-of-the-art operational GPS devices, which can record the vehicles' tracks [3]. A very recent measure against illegal logging was enacted on June 1st, 2017 [5]: it suspends timber

transport using paper-based tickets. By the end of 2017 new software will be introduced for managing reports correspondence and for tracking the status of the violation reports, issued by forest-control personnel, law enforcement officers, and others. We expect significant increases in the accountability and transparency of the process of issuing electronic documentation and significant improvements in tracking subsequent legal proceedings.

At present, citizens have the right to perform an online query regarding any timber transport electronic ticket via TICKETS.IAG.BG website. If an irregularity is suspected, the person can also verify the corresponding logging permit or the protocol of cutting area, clearing certification included in the electronic record of the ticket. A new feature of the online ticket query service is searching by vehicle or trailer license plate number. Since GPS devices mounted on timber transport equipment are tracked, the systems for logging permit issuance, transport tickets from landings, and for electronic logbooks and transport tickets for wood processed in sawmills are all interlinked.

3 Timber transport control technology and management of forest road networks

Mobile GIS applications provide forestry specialists with direct control over timber transportation, speedier search for and location of points in space, spatial data visualization and analysis, and access to and ability to share data needed to make informed decisions. Timber transport-related activities carried out with GIS technology include:

- field mapping of forest roads;
- connecting vector and attribute data of the forest-road networks with forest inventory data;

* Corresponding author: m_asenova@abv.bg

- updating the location of components of forest-road networks and checking their status;
- control of timber transport through analysis of digital records of the issued permits/protocols and transport tickets;
- locating and reporting of violations and incidents;
- evaluation of timber weight compliance with the requirements for maximum weight limit of transport vehicles on public roads [6].

When working with mobile GIS, several technologies are integrated together [7] - mobile devices (mobile phones, Pocket PCs, Tablet PCs); data from satellite navigation systems (GPS, GLONASS, BeiDou, GALILEO, etc.); and wireless Internet access to GIS servers, file repositories, and databases. Modern GIS software has a graphical interface suitable for training of forestry personnel and flexible enough to suit the various needs of specialists, both in the office and on the field.

4 Results and Discussion

4.1 Experimental area and technical means

The study was conducted in the state forest areas and the forest road network of Southeast State Enterprise (SSE) - Sliven (Fig. 1).



Fig. 1. Research area (NUTS 2, code BG34).

The control activities we discuss rely on the following materials and data - general data (State forest unit, site, land, date); inventory data (forest subcompartment number, forest taxation data, sample maps); planned logging (logging permit number, inspection protocol, protocol of cutting area clearing certification); yield and skidding (technical plan for skidding and transport of wood from the cutting area, in case of a doubt about a damaged road network or tourist infrastructure); planning documents (plans, programs); others (confirmation documents from the regional environmental inspectorates).

The raster data used in this study consists of time-series high resolution spatial satellite imagery from the Google Earth Pro platform for the period 2010-2016. We identify forest subcompartments and roads in the imagery in order to find discrepancies between the planned and

completed activities and to determine the various technical control-group parameters, used for estimating damages from violations.

Our study takes advantage of various software tools (MAPinr, Google Earth Pro, Google Maps, Global Mapper, QGIS, ArcPad), hardware (mobile phones, GPS, tablets), and data formats (SHP, ZEM, GPX, KMZ, KML, Geo TIFF, JPEG, PDF).

4.2 Control of dispatched timber

The experimental work is carried out with a smart phone equipped with navigation and other sensors and with high-resolution display suitable for precise interpretation of satellite imagery. The smart phone uses the Android operating system, which can take advantage of a wide range of freely available applications, can easily exchange information with others, and works well with vector data in the KML format. In order to avoid absolute coordinates' measurement error, we prefer an actual GPS application over navigation service using cell-tower-provided location.

During the actual observation of transport tickets, we paid attention to several details:

- the validity period for timber transportation in the logging permit, which is the basis for issuing the transport ticket itself; if the period has expired, no new transport tickets should be issued;
- the quantity of timber recorded in the protocol of the cutting area clearing certification and in the transport ticket from the landings; if the timber volumes do not match, the landings in the forest unit must be inspected;
- matching tree species and wood assortments in the transport ticket and in the logging permit;
- correspondence between the timber volume being transported and the weight capacity of the transport vehicle, which can be obtained by querying its registration number in the public register of EFA and checking for substantial discrepancies.

The PB.IAG.BG and SYSTEM.IAG websites are the primary services used to check the electronic transport tickets [8-9].

Example: A query to PB.IAG.BG confirmed an employee issued transport ticket № 5062 on January 23rd, 2017 for transporting timber by timber train. The transport ticket stated 13,75 loose m³ of acacia firewood should be transferred from temporary storage (Fig. 2).

№: 5062/00004/23012017/141919-L03E9Z4	издаден на 23.01.2017, 1
в ДГС Чирпан, обем: 13.75 куб. м., превозно средство СТ7805BP, р	
№: 6553/00091/21012017/151821-WFXA271	издаден на 21.01.2017, 1
в ДГС Стара Загора, обем: 32.50 куб. м., превозно средство СТ71	
№: 6553/00073/20012017/171254-S2FH3Y1	издаден на 20.01.2017, 1
в ДГС Стара Загора, обем: 30.55 куб. м., превозно средство СТ71	
№: 4952/02921/28122016/103045-61T91KE	издаден на 28.12.2016, 1
в ДГС Котел, обем: 27.50 куб. м., превозно средство СТ7805BP, р	
№: 6418/00613/21122016/174016-L6OHVVP	издаден на 21.12.2016, 1
в ДГС Чирпан, обем: 10.40 куб. м., превозно средство СТ7805BP, р	

Fig. 2. Information systems for inspection and control of timber transportation.

Upon looking up the ticket in TICKETS.IAG.BG [9], we found that this auto-train has transported between 27,50 loose m³ and 32,50 loose m³ on other scheduled trips, with the rare and only exception of 10,40 loose m³ during a given trip (Fig. 2). The established discrepancies are good enough grounds for an investigation of the vehicle, which should take into special consideration the destination address of the transfer.

When performing a check on a transport vehicle with a transport ticket issued by a temporary warehouse, we use the departure time from the transport ticket interpret as well as the road network information from the existing forest subunit technical plan. The road information is not necessarily accurate and up-to-date, so we analyze satellite imagery (by means of the MAPinr mobile application) and track the actual path of the forest roads near the temporary storage location and its connections to the roads of the national road network. Alternate routes are also considered in order to pick the most appropriate point for pulling over for an inspection. The choice of the checkpoint matches the estimated time of arrival based on the time of issuance of the transport ticket. The estimate is obtained via the Google Maps application, which runs in both Android and iOS environments. It creates routes based on the existing road network according to predefined criteria (optimal route, fastest route, shortest route), and accepts voice commands as well as guides the driver through voice. Time of arrival at the end point is estimated according to the driving speed. These features allow control personnel to significantly improve their response time to transport inspections as well as their choice of an inspection site.

Benefits of the PB.IAG.BG website are:

- it prevents issuing a retroactive transport ticket or tampering with the contents of any accompanying documentation;
- single-point of data entry and single data source for accountability and control purposes at all levels;
- establishment of a central database containing all documents issued in the country, enabling the generation of queries and reports;
- timely control and verification of documents authenticity at any time and from any location by personnel;
- ability to continuously update data, improve and evolve the system;
- ability to correct an issued transport ticket, with sufficient justification; the system allows adjustments to the ticket for up to 15 minutes after being issued.

The drawbacks of the website service are:

- Internet mobile connection can be manually turned off, preventing transport tickets from entering the system at the time of issuance, and thus from being checked;
- it does not limit the quantity of timber transferred from a forest subcompartment even if it exceeds the quantity received at the landing or the quantity set forth in the logging permit by more than 10%, the lawful maximum margin of error;
- it allows the transfer of wood of species and assortment different from the ones documented in the logging permit;

- there is no feature or service for monitoring and reporting cases of inconsistencies between transport ticket data and logging permit data.

4.3 Control of the construction and maintenance of forest roads

Occasionally forest roads described in the technical plan of a forest subcompartment are not actually constructed. Those planned roads are still reported on paper in order to illegally appropriate state funds. Furthermore, upon interpreting time-series satellite imagery, it is possible to find partially built or completed roads that are not part of the forest subcompartment plan and are not marked on the map. The timber harvested from those unmarked roads is not reported and is illegally used or sold. Some roads slated for repairs get converted to truck roads and are not correctly described in the forest subcompartments. This leads to distortion of the road length and failure to locate and check the repaired areas. To avoid this, it is necessary to introduce and develop a technical plan for roads needing repairs.

Example 1: According to the paperwork, a forest road repair is expected in forest subcompartment "230:д". In Fig. 3 we can see that, if there is a road, it is within the boundary of the adjacent forest subcompartment "228:д", and a new separate subcompartment "228:5" is formed. Funds have been used to perform a fictitious repair of a non-existing road.

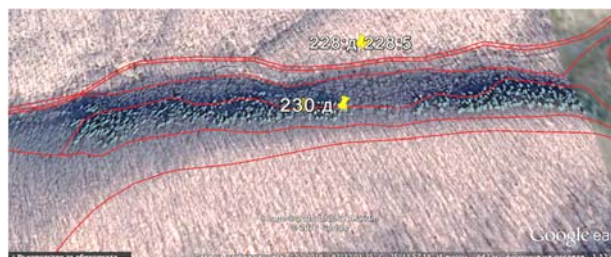


Fig. 3. Unfinished repair of a forest road declared as an expense.

Example 2: Interpreting of time-series satellite imagery and detection of partial or entire roads that have been constructed but not declared.

The first step is to load KML maps of the observed forestry. We obtain information about the planned, constructed, and repaired roads in each forest subcompartment. We establish the location and the boundaries of the specific forest subcompartment ("665:В"). We discover plans for the construction of a new forest road 3000 m long and 6 m wide dated April 18th, 2014. The construction expenses amount to BGN 8000.

The second step is to analyze the time-series image data (Fig. 4). We take advantage of the "Chronology of Images" tool in order to overlay photos taken between 2009 and 2014. In this case, we load a photo dated September 25th, 2009, showing that within the boundaries of the forest subcompartment there are no constructed roads. When comparing the latter image to the image from June 30th, 2014, it appears that the boundaries of the forest

subcompartment have changed because of the construction of a new road (Fig. 4).

The third step is to calculate the road longitudinal profile and altitudes, measure its length, and finally compare the calculated data to the declared costs of construction. We identify two road sections (Fig. 4) - the first section is with a length of 761,63 m, the second one with a length of 638,87 m (Fig. 5) and the actual total road length is 1400,5 m.

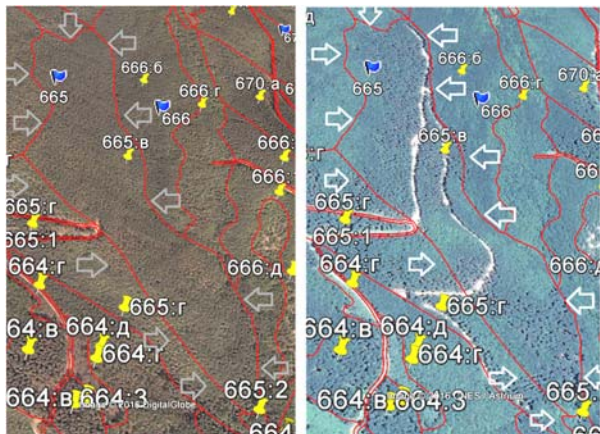


Fig. 4. Analysis of different images from 2009 and 2014.

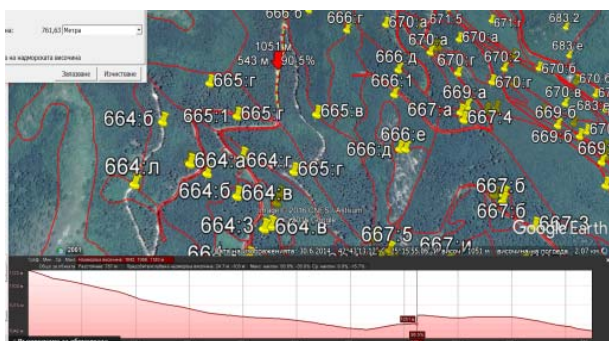


Fig. 5. Length of section 2 of the road and profile.

In order to determine the real width of the constructed road, we double check our results. The field studies show the average width of the road to be 6 m with a one-sided cut margin of 2 m in the projection at which the forest subcompartment is absorbed 100%. The length is close to that established with Google Earth Pro with a 2 m error. With 1402,5 m x 8 m linear parameters, the area is 11220 m². The volume of timber, calculated on the new road surface, is 267 m³, which at an average price of BGN 53 / m³ means BGN 14151 losses for the state forestry unit.

The advantages of the method are:

- ability to remotely control the execution of planned roads;
- accuracy in measuring road lengths using Google Earth Pro, which also accounts for road relief (inclines, altitudes, height difference);
- facilitating and speeding up of the road measurement process.

Disadvantages of the method are:

- satellite imagery of the desired time periods is not always accessible to be used for timely and continuous annual control according to our method;

- the width of the skid roads and trails and the technological corridors cannot always be determined remotely and field measurement is required.

5 Conclusion

In this paper, we study the application of a method for controlling forestry activities. Using GIS and mobile devices, we present innovative solutions for tasks and problems such as:

- control of the volume of timber transported by transport vehicles;
- control of the execution of forest road construction that is set forth in forestry plans;
- control and assessment of the possible discrepancies between the weight of the transported timber and the maximum weight limit of the transport vehicle travelling on public roads;
- ensuring accuracy when locating transport incidents within forest subunits and identifying and assessing problematic areas that require a field inspection.

The proposed method of this study is geared towards using a tablet. The state has purchased tablets nation-wide for the mandatory issuance of electronic transport tickets in the Bulgarian forest sector. The same devices can also be used as effective mobile GIS tools for controlling forestry areas.

This study will be useful for the state-planned training courses for forestry specialists, who will be issuing violation tickets, since the latter courses already incorporate mobile GIS applications and field measurements with GPS and mobile devices with navigation.

References

1. Decree № 1 on the Control and Conservation of the Forest Areas, SG № 11 / 07.02.2012.
2. Annual report of activities for control, protection of forest areas, and their protection against fires in 2016 MAF, EFA, Sofia (2016).
3. Forest Act, SG № 19 / 08.03.2011.
4. Order № 781/28.06.2016. for the introduction of electronic tickets, EFA (2016).
5. Order № 461 / 30.05.2017. for enacting paper tickets, EFA (2017).
6. Decree № 11 on the Movement of Oversized and Heavy Road Vehicles of the MRDPW, SG, № 65 / 24.07.2001.
7. D. Battad, P. Mackenzie, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, **XXXIX-B5** 447-452 (2012).
8. <https://system.iag.bg/cgi-bin/login.cgi?act=Start>.
9. <http://tickets.iag.bg:8080/cgi-bin/index.cgi>.

Word-of-mouth information as a factor for selecting a car repair service by persons with different education

Mihail Milchev^{1,*}, Dimitar Kolev² and Dimitar Grozev¹

¹“Angel Kanchev” University of Ruse, Transport Department, Transport Faculty, Rouse, Bulgaria

²University of Telecommunications and Post, Management in Communications Department, Faculty of Telecommunications and Management, Sofia, Bulgaria

Abstract. This survey-based study measures the effect of word-of-mouth information on people with different education in their choice of car repair services. Conclusions about the intensity of searching and the source confidence level for this type of information have been made.

1 Introduction

In Rouse, according to various guidebooks [1, 2] there are more than 29 car repair services. Their large number, on the one hand, makes it difficult for potential customers to choose which one to trust, and on the other hand, the car workshops owners have difficulty in choosing an appropriate marketing strategy.

According to some research [3], 13-20% of consumers seek information in traditional advertisements and the internet, but its effect on purchasing decisions is estimated at around 4%. Word-of-mouth information for car repair services has a 28% weight in decision-making, as women trust more this type of information [4]. Over 80% of the ladies in the aforementioned research do not use car repair services, making it difficult to choose an advertising strategy.

The purpose of the present study is to enable car repair service owners to choose between traditional marketing channels and the use of word-of-mouth information as a marketing channel by examining its impact on consumer decision-making for people with different education.

In order to achieve that aim, the following tasks are set:

- to determine the need for average annual car repair service of residents of the city of Rouse with different educational background;
- to determine the intensity and type of word-of-mouth information received about car repair services;
- to determine the confidence level for a particular source of word-of-mouth information;
- to evaluate the effect of received word-of-mouth information for customers with different education.

2 Exposition

For the purpose of the present research, a methodology [5] from a previous research was used and a survey was conducted among users of different ages and educational

level from Rouse. This study took place in the months of March and April 2017.

As a key criterion for the research, the type of education of the respondents was chosen and it is distributed as follows:

- 27,18% high social sciences education;
- 34,95% high engineering sciences education;
- 19,42% university degree in social sciences;
- 18,45% university degree in engineering sciences.

This categorization is made in order to distinguish between the education level according to the main types of sciences studied (social or engineering).

The following system was used for categorizing the number of annual visits to car repair services and the amount of word-of-mouth information received:

- category "never": rating 0 times;
- "very rarely": an estimate between 1-3 times;
- "rarely": an estimate of 4-6 times;
- "occasionally": between 7-9 times;
- category "frequently": over 9 times.

2.1 Exploring the average annual need for car repair services

The average annual consumer need of car repair services is shown in Fig. 1.

The research shows that the need for car repair services is not influenced by the education of the respondents. On average over 50% of them very rarely visit car repair service or between 1-3 times per year. This could be due to the poor quality of the services or the unreasonably high prices. The largest share of this group are those having university degree of engineering sciences (68%), which implies their ability to repair their own cars. They probably prefer to save money by visiting car repair service only in an extreme situation.

* Corresponding author: mmilchev@uni-ruse.bg

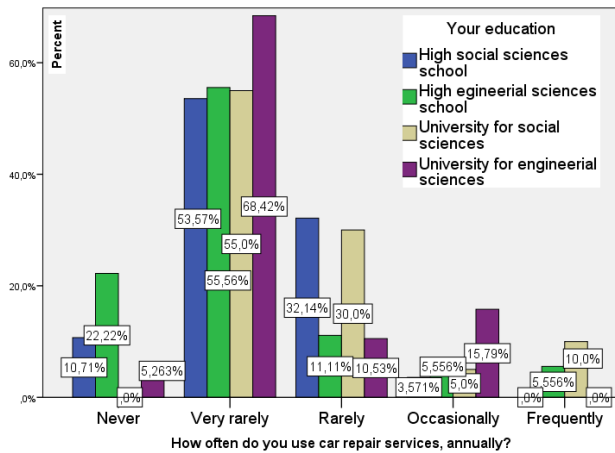


Fig. 1. Average annual use of car repair services.

The survey found out that the small differences between respondents with high school engineering education, high school social sciences education and university of social sciences degree (2%) have visited car repair services very rarely. At the same time, a large part of the respondents (31%) with high and university social sciences degrees are not confident in their engineering knowledge and visit car repair services on average between 4 and 6 times a year. This share corresponds to 13% of all respondents.

2.2 Study of the average annual intensity of seeking word-of-mouth information

The intensity of seeking word-of-mouth information by respondents is examined as two main options - active and passive. In the active search for information, the respondent has asked for it, and in the passive - it has been provided by the other side. This can be seen in Fig. 2.

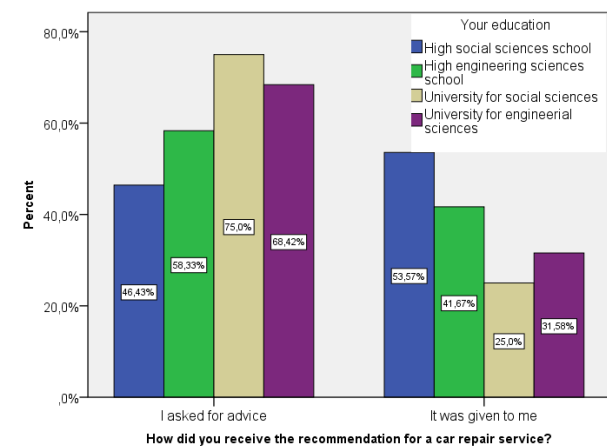


Fig. 2. Intensity of searching for word-of-mouth information.

The survey results show that people having a university degree are more active in seeking word-of-mouth information (73%) while high education graduates are evenly distributed in the active and passive search. This could be due to the fact that people with university degree have a higher demand to the source of information and choose it by themselves. The choice is based on the confidence level, which the person has to this source.

The question arises - how do users evaluate their trust level to the source of information. This can be determined by a survey, with information sources set in advance.

The results of the study are presented in Fig. 3. It clearly shows that individuals with university education have a high degree of confidence in the categories "specialist" (30%) and "friend" (41%). In this case, the "specialist" category confirms the fact that they prefer to choose their own source of information.

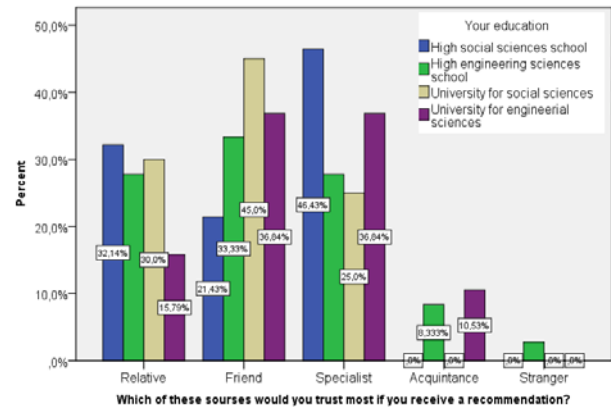


Fig. 3. Degree of trust in different sources of information.

People with high social sciences school education (46%) trust the opinion of a "specialist", which surpasses the opinion of "relative" or "friend".

Respondents with high engineering education trust almost at the same level "specialist", "relative" and "friend". This is due to their engineering knowledge, which allows them to assess accurately the word-of-mouth information received, unlike those with social sciences education.

2.3 Evaluation of the effect of word-of-mouth information

To assess the impact (effect) of the word-of-mouth information received, two options are used:

- an assessment of the likelihood of visiting a given car repair service prior to receiving the recommendation;
- an estimate of the likelihood of visiting the same car repair service after receiving the recommendation.

For this purpose, a ten point "Likert" scale is used. The ratings on that scale are converted in the following way: each of the ten grades is assumed to be 10%. In this case 1 becomes 10%, 2 - 20%, 3 - 30%, etc. The average value before and after receiving word-of-mouth information is used.

The likelihood of users visiting the given car repair service before and after receiving a recommendation for it is assessed as follows (Table 1).

The likelihood of visiting the car repair service before receiving positive recommendation is assessed by different categories of respondents with approximately 3 points or 30%. High readiness to visit a car repair service without initial recommendation is expressed by people with high or university social sciences degree. Among engineering specialists, there is a higher degree of mistrust towards unfamiliar car repair services, with

graduates from the engineering field expressing greater caution (less than 20% likely to visit the workshop).

Table 1. Assessment of the likelihood of visiting a given car repair services before and after receiving a recommendation

	Mean value before	Mean value after
high social sciences school	5,0000	7,2857
high engineering sciences school	3,8333	6,3611
university for social sciences	4,6500	8,3500
university for engineering sciences	1,9474	5,5789

After receiving the recommendation, the likelihood of visiting the recommended car repair service increases in all categories, reaching an average of about 69%. The ones who trust most the information obtained are the respondents who are graduates of a social sciences university (the increase of the likelihood is by 3,7 points), followed by graduates of an engineering university (increase of 3,6 points). This proves the aforementioned tendency for university graduates to be more cautious in making decisions and assessing word-of-mouth information. Graduates of high schools are less inclined to believe in received word-of-mouth information (average increase of 2,39 points).

Overall, it can be concluded that regardless of education, the chance of visiting a car repair service after receiving a recommendation increases by an average of 29%. This confirms that word-of-mouth information has a relatively greater weight in the field of research than any other traditional marketing channels.

Word-of-mouth information is considered to be credible by respondents, regardless of their education, as compared to traditional marketing channels, which suggests that owners or managers of car repair services should pay more attention to this marketing channel.

3 Conclusion

From the research, it can be concluded that about 50% of the respondents very rarely use car repair services or between 1 and 3 times annually.

The majority of people with university degree (73%) are actively seeking word-of-mouth information about car repair services, as they choose the source of such information themselves.

For those with high school education, there is no clear trend towards a preference for how to obtain word-of-mouth information.

Regardless of education, the probability of visiting a car repair service after receiving a recommendation increases by an average of 29%, which means that word-of-mouth information has a relatively greater weight in customer decision making about that service.

The study was supported by BG05M2OP001-2.009-0011-C01 contract of the University of Ruse, "Support for the development

of human resources for research and innovation at the University of Ruse "Angel Kanchev". The project is funded with support from the Operational Program "Science and Education for Smart Growth 2014 – 2020" financed by the European Social Fund of the European Union.

References

1. Business Directory, Car Repair Services in Ruse, <https://www.business.bg/k-586/s-1/avtomobilni-servizi/c-191/ruse.html> (last visited 15.07.2017)
2. Guidebook, "Autonet BG", <http://www.ruse-avto.net/index.php> (last visited on 15.07.2017)
3. I. Blokh, V. Wang, Mass Advertisements versus Word-of-Mouth of Advertising. *Netlogo project*, (2003)
4. M. Milchev, D. Kolev, D. Grozev, Measurement of the effect of word-of-mouth information for car repair services, *BulTrans-2016 Proceedings*, 205-209 (2016)
5. M. Milchev, D. Kolev, D. Grozev, Methodology for research of word-of-mouth information for car repair services, *BulTrans-2016 Proceedings*, 201-205, (2016)

Изследване взаимодействието между пешеходни и транспортни потоци за подобряване на организацията и безопасността на движението

Илиян Дамянов^{1,*}, Георги Младенов¹, Милена Савова-Мраценкова¹, Георги Палагачев¹ и Владимир Христов²

¹ Технически университет – София, катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“

² Технически университет – София, катедра „Автоматизация на електрозадвижванията“

Резюме: Обект на изследването са три светофарни уредби за пешеходци в гр. София - бул. Св. Климент Охридски на спирката на Лесотехнически университет, бул. Цар Борис III при бул. Гоце Делчев по който движението е спряно поради ремонтни дейности и бул. Димитър Пешев посока от бул. Цариградско шосе към Гара Искър. Местата на пресичане на уличното платно от пешеходци, регулирани със светофарна уредба, осигурява в голяма степен безопасното им преминаване. В тези случаи е необходимо приложените времена на отделните сигнали да гарантират минимална задръжка и на двата потока.

1 Въведение

Непрекъснатото нарастване на обема на уличното движение налага проучване на основните му показатели и закономерности с цел повишаване безопасността на движението и правилната му организация и управление.

При нарастване на интензивността на автомобилното движение нараства и интензивността на пешеходното движение, което води до увеличаване конфликтността между тях [1]. В тези случаи е необходимо да се анализират възможните варианти за преминаването на пешеходците и да се избере този, при който се осигурява най-малко време за чакане на автомобилите и пешеходците.

За осигуряването на безопасно пресичане на пешеходците на пътното платно за движение в Република България се използват следните четири най-разпространени варианти:

- пешеходна пътека;
- пешеходна пътека с изкуствена неравност на платното за движение (повдигната пешеходна пътека);
- светофарна уредба за пешеходци с бутон за управление;
- светофарна уредба за пешеходци със зададен цикъл.

Всяко решение, свързано с организацията на пътното движение, трябва да се основава на задълбочени предварителни проучвания и изследвания въз основа на широка информация за състоянието на транспортните и пешеходните потоци. Изменението на транспортните потоци в пространството и времето зависи от множество фактори, както от съществуващите пътни условия, така и от предназначението, целите и характера на извършваните превози.

За осигуряване на безопасно, икономично и екологично протичане на транспортното движение е необходимо да се дефинират и оценят основни показатели на пътнотранспортното движение. Анализът, оценката и оптимизирането на транспортното движение се основават на получените резултати, тяхната взаимна връзка и познаването на допустимите граници характеризиращи поведението транспортните и пешеходни потоци.

Един от пътищата за решаване на проблемите свързани с организацията и безопасността на пътнотранспортното движение е внедряване на съвременни системи за наблюдение, управление и оптимизиране на показателите на транспортните потоци.

Методът основаващ се на аеро-заснемане намира все по-голямо приложение при определяне на основни показатели на транспортното движение [2]. Използването на безпилотни летателни апарати, наречени „дронове“ позволява да се установят показателите на пътнотранспортното движение и да се вземат необходимите мерки за подобряване на организацията и безопасността на движението.

2 Предпоставки и начини за решаване на проблема

Светлинно сигнализиране на пешеходна пътека се прилага при определени условия. В зависимост от стойностите на интензивностите на пристигане на пешеходците и на автомобилите се определя и продължителността на зелените сигнали за съответните потоци. Според [3], използване на светлинни сигнали за регулиране на движението на пешеходна пътека, се прилага при интензивност на пешеходния

* Corresponding author: idadmyanov@tu-sofia.bg

поток в по-натоварената от двете посоки минимум 150 пешеходци/час, а интензивността на движение на ППС, пресичащи пешеходната пътека в продължение на 8 часа от денонощието в двете посоки, да е по-голяма от 600 Е/ч.

За определяне на основните показатели на пешеходни пътеки със светофарно регулиране, взаимодействието и оптимизация между пешеходни и автомобилни потоци се използва алгоритъм, представен в [3].

Изследвани са пешеходни светофари, регулиращи движението на автомобили и пешеходци през пешеходна пътека тип „Зебра”, разположена в пътен участък между кръстовища. Основните параметри на изследваните пешеходни пътеки са:

- ширина на пешеходната пътека B_{ww} , m;
- дължина на необходимото пространство за един пешеходец L_p - 0,75 m;
- ширина на необходимото пространство за един пешеходец B_p - 0,75 m;
- ширина на пътното платно B_w , m;
- дължина на автомобила l_c - приема се 5 m;
- средна скорост на движение на автомобилите при преминаването им през пешеходната пътека V_c , m/s - зависи от продължителността на зеления сигнал и дължината на опашката от автомобили;
- средната скорост на движение на пешеходците при преминаването им по пешеходната пътека V_p , m/s – определя се съобразно скоростта на движение на преобладаващите по пол и възраст пешеходци;
- интензивност на пристигане на автомобилите I_a^f , a/s;
- интензивност на пристигане на пешеходците I_a^p , p/s;
- максимално време за цикъл t_c^{\max} , s - определя се съобразно съществуващите условия на движение, необходимостта от координиране на съседни светофарни уредби, нормативни изисквания и други;
- зелен сигнал към автомобилите t_g^{cs} и пешеходците t_g^{ps} за определяне на начална стойност на времето за цикъл.

Използваният алгоритъм изисква избор на начални стойности за зелен сигнал към автомобилите t_g^{cs} и пешеходците t_g^{ps} за определяне на начална стойност на времето за цикъл t_c^s , което в последствие се оптимизира. При това се спазва условието получените стойности да гарантират липсата на опашки от автомобили и/или пешеходци.

$$t_c^s = t_g^{cs} + t_g^{ps} + t_{rl}^p + \Delta t + t_y + t_{yr}, \text{ s}, \quad (1)$$

където:

t_{rl}^p - време за освобождаване на пътното платно от пешеходци, s;

Δt - времето от началото на червения сигнал към автомобилите до началото на зеления сигнал към пешеходците, s;

t_y - време за жълт сигнал след разрешаващ зелен сигнал за автомобили (приема се 3 секунди) s;

t_{yr} - време за жълт сигнал в комбинация с червен сигнал за автомобили (приема се 2 секунди) s.

Времето за освобождаване на пътното платно от пешеходци гарантира, че последния навлязъл пешеходец ще успее да премине преди светването на зелен сигнал към автомобилите. По същество е равно на времето за преминаване през пешеходната пътека, а именно:

$$t_{rl}^p = \frac{B_w}{V_p}, \text{ s}; \quad (2)$$

- броя на пристигащите пешеходци за един цикъл - стойности се отнасят за пристигналите и в двете посоки на движение:

$$P_a = t_c I_a^p, \text{ counts. per.}; \quad (3)$$

- броя на пристигащите автомобили за един цикъл - стойности се отнасят за пристигналите и в двете посоки на движение:

$$A_a = t_c I_a^f, \text{ counts auto.}; \quad (4)$$

- изчисляват се стойности за времето за преминаване на пешеходците t_p^p и автомобилите t_p^c . Времето за преминаване на пешеходците се определя съобразно (2), а времето за преминаване на автомобилите по следната формула:

$$t_p^c = \frac{S_c}{V_c}, \text{ s}, \quad (5)$$

където S_c е пътя, който автомобила изминава при преминаването на пешеходната пътека - равен е на сбора на дължината на пешеходната пътека, дължината на автомобила и разстоянието от стоп линията до пешеходната пътека;

- общ брой едновременно преминаващи пешеходната пътека:

$$N_{ww} = \frac{B_{ww}}{B_p}, \text{ counts per.}; \quad (6)$$

- времето за което може да премине следващата група от пешеходци:

$$t_b = \frac{L_p}{V_p}, \text{ s}; \quad (7)$$

- броят на групите от пешеходци, които могат да преминат пешеходната пътека по време на зелен сигнал:

$$G = \frac{t_g^p}{t_b}, \text{ counts}; \quad (8)$$

- брой автомобили, преминаващи за времето на зелен сигнал:

$$A_p = \frac{t_g^c}{t_p^c}, \quad A_p = \frac{t_g^c}{t_p^c}, \text{ counts auto}; \quad (9)$$

- брой пешеходци, преминаващи за времето на зелен сигнал на пешеходния светофар:

$$P_p = G N_{ww}, \text{ counts per.} \quad (10)$$

Определя дали остават автомобили и пешеходци в опашка, които се получават като разлика на пристигналите и преминалите автомобили, съответно пешеходци за един цикъл на светофарната уредба. Ако и в двата случая не се трупат опашки следва, че времето за зелен сигнал на пешеходците и времето за зелен сигнал на автомобилите, както и изчислената продължителност на светофарния цикъл са оптимални.

При положение, че се наблюдава натрупване на опашки, тогава увеличаваме съответно времето за зелен сигнал на автомобилите или времето за зелен сигнал на пешеходците с определена стъпка. Извършват се изчисленията в същата последователност до достигане на стойности за опашките. Това се извършва докато получим, че и за двата потока не се трупат опашки.

В случай, че се трупат опашки от автомобили и/или пешеходци, и след достигане на максимално определената стойност за времето за цикъл t_c^{\max} , се прилагат стойностите за времената към потоците, при които опашката е най-малка. В случаите, когато стойностите на опашките са много големи и преминаването на автомобилите и пешеходците е силно затруднено, тогава би трябвало да се търсят други решения за провеждане на пешеходното движение през съответния участък от пътя.

3 Резултати и дискусия

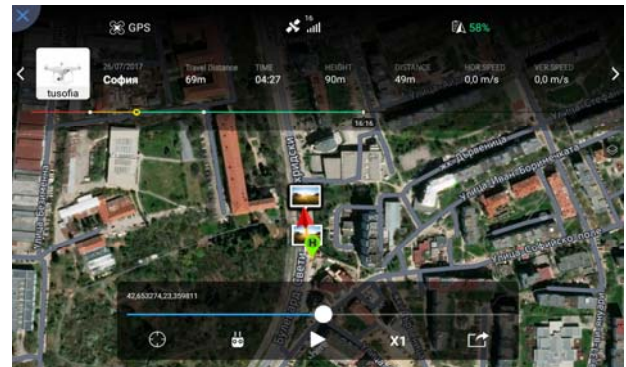
Обект на изследването са три светофарни уредби за пешеходци в гр. София - бул. Св. Климент Охридски на спирката на Лесотехнически университет, бул. Цар Борис III при бул. Гоце Делчев по който движението е спряно поради ремонтни дейности и бул. Димитър Пешев посока от бул. Цариградско шосе към Гара Искър.

Целта е да се изследва и анализира взаимодействието между пешеходните и автомобилните транспортните потоци, както и да се оцени възможността за оптимизация и подобряване на безопасността на движението.

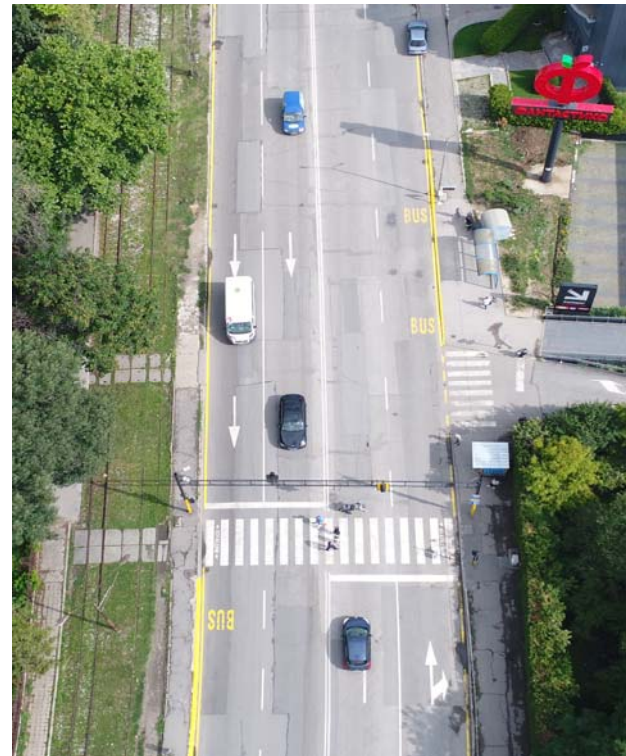
Изследване на показателите на транспортните потоци е осъществено, чрез безпилотен летателен апарат, който е издигнат на 90 метра височина и видеозаснемане с продължителност от 15 минути, в различни часове през светлата част от денонощието. Периодите на заснемане са определен чрез предварителни частични изследвания за установяване на пиковите часове през месеци юни и юли 2017 година.

Използването на камера с висока разделителна способност позволява постигане на високо качество на записа и възможност да се проследи движението на всеки пешеходец и превозно средство, а оттам и да се получат съответните транспортни потоци. От полетния дневник на безпилотния летателен апарат може да се проследи информация за местоположение (координати), време, височина, скорост, оставащо полетно време (батерия) и други за полета.

На Фиг. 1 е представена информацията от полетния запис на безпилотния летателен апарат, а на Фиг. 2 снимка на една от изследваните пешеходни пътеки със светофарно регулиране.



Фиг. 1. Информация от полетен запис.



Фиг. 2. Изследвана пешеходна пътека - ЛТУ.

След извършване на необходимите предварителни измервания на изследваните три пешеходни светофара, стойностите на входящите им параметри са показани в таблица 1.

Таблица 1. Входящи параметри на изследваните пешеходни светофари.

	Пешеходна пътека ЛТУ	Пешеходна пътека бул. Цар Борис III	Пешеходна пътека бул. Димитър Пешев
B_{ww}	3 m	5 m	3 m
L_p	0,75 m	0,75 m	0,75 m
B_p	0,75 m	0,75 m	0,75 m
B_w	14 m	12 m	9 m
l_c	5 m	5 m	5 m
V_p	1,33 m/s	1,33 m/s	1,33 m/s
V_c	5,56 m/s	5,56 m/s	5,56 m/s
Δt	2 s	2 s	2 s
I_a^p	0,072 пеш/s	0,077 пеш/s	0,056 пеш/s
I_a^f	0,2 E/s	0,21 E/s	0,12 E/s
t_{rl}^p	8 s	7 s	7 s

След въвеждането на измерените данни в алгоритъма се установява съответствието му с реалната обстановка. Предимство на алгоритъма е, че показва и вариант, при който времето за зелен сигнал на автомобилите и времето за зелен сигнал на пешеходците могат да се намалят, без да се променят стойностите на Δt и t_{rl}^p , като така ще се намали и продължителността на цикъла на светофара, което според алгоритъма на работа е най-оптималният вариант. Действителните и оптималните стойности на изследваните пешеходни светофари са показани в таблици 2, 3 и 4.

Таблица 2. Действителни и оптимални стойности на пешеходен светофар ЛТУ.

Пешеходна пътека ЛТУ	t_g^{cs}	t_g^{ps}	t_c^s
действително	44 s	24 s	82 s
оптимизирано	20 s	8 s	42 s

Таблица 3. Действителни и оптимални стойности на пешеходен светофар Цар Борис III.

Пешеходна пътека бул. Цар Борис III	t_g^{cs}	t_g^{ps}	t_c^s
действително	41 s	15 s	71 s
оптимизирано	15 s	4 s	35 s

Таблица 4. Действителни и оптимални стойности на пешеходен светофар Димитър Пешев.

Пешеходна пътека бул. Димитър Пешев	t_g^{cs}	t_g^{ps}	t_c^s
действително	28 s	8 s	50 s
оптимизирано	8 s	5 s	27 s

4 Заключение

Използването на безпилотен летателен апарат позволява да се установят показателите пътнотранспортното движение и да се вземат необходимите мерки за подобряване на организацията и безопасността на движението.

След извършеното изследване и анализ се постига оптимизация, чрез намаляване на продължителността на времето на светофарния цикъл за изследваните пешеходни светофарни уредби без увеличаване на транспортните задръжки, което ще подобри организацията и безопасността на пътнотранспортното движение.

1. Докладът се публикува във връзка с проект №171ЦФ0001-04

2. Резултатите публикувани в доклада са свързани с НИС по проект №171ЦФ0001-04 към ТФ на ТУ-София.

Литература

1. W. McShane, R. Roess. *Traffic engineering*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J., (1990)
2. *Highway Capacity Manual*. TRB, National Research Council, Washington, DC, (2000)
3. D. Saliev, Calculation algorithm for pedestrian green time, *Trans Motauto World – International Scientific Journal*, 1, page 17-18, (2017)

Examination of interaction between carriage and transport flows for improving the organization and the safety of movement

Iliyan Damianov¹, Georgi Mladenov¹, Milena Savova-Maratzenkova¹, Georgi Palagachev¹ and Vladimir Hristov²

¹Technical University of Sofia, Department of Engines, Automotive Machinery and Transport

²Technical University of Sofia, Department "Automation of Electric Drives"

Abstract: The subject of the survey is three traffic lights for pedestrians in Sofia - Kliment Ohridski at the station of the University of Forestry, Tsar Boris III Blvd. at Gotse Delchev Blvd., on which the traffic is stopped due to repair works and Dimitar Peshev Blvd., from Tsarigradsko shose Blvd. to Iskar Station. Places of crossing the roadway by pedestrians, regulated by traffic lights, provided largely safe passage. In these cases attached times of individual signals have to guarantee minimum delay of both streams.

Изследване, анализ и оптимизация на показателите на пътнотранспортното движение на светлинно регулирани кръстовища

Илиян Дамянов^{1,*}, Георги Младенов¹, Владимир Христов², Милена Савова-Мраценкова¹ и Георги Палагачев¹

¹ Технически университет – София, катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“

² Технически университет – София, катедра „Автоматизация на електрозадвижванията“

Резюме: Обект на изследването са пет светлинно регулирани кръстовища в гр. София - ул. „Акад. Стефан Младенов“ и ул. „8-ми декември“, ул. „Слатинска“ и ул. „Иван Щерев“, бул. „Сливница“ и улица „Димитър Петков“, бул. „Сливница“ и бул. „Панчо Владигеров“, ул. „Оборище“ и ул. „Черковна“. В доклада се представя оптималното решение за продължителността на светлинните сигнали на светлинно регулирани кръстовища.

1 Въведение

Организацията и управлението на пътнотранспортното движение се основава на изследвания на неговите показатели със съответните количествени стойности и зависимости между тях. Вида на изследванията и методите за тяхното провеждане се определят от целите поставени за конкретните условия на движение и необходимите мероприятия за тяхното постигане [1].

Един от пътищата за решаване на проблемите свързани с организацията и безопасността на пътнотранспортното движение е внедряване на съвременни системи за наблюдение, управление и оптимизиране на показателите на транспортните потоци.

Методът основаващ се на аеро-заснемане намира все по голямо приложение при определяне на основни показатели на транспортното движение [2]. Използването на беспилотни летателни апарати, наречени „дронове“ позволява да се установят показателите на пътнотранспортното движение и да се вземат необходимите мерки за подобряване на организацията и безопасността на движението.

2 Предпоставки и начини за решаване на проблема

Основен въпрос при регулирането на движението със светофари е определянето на оптимална продължителността на цикъла на светофарната уредба при съществуващите условия на движение. За постигане на минимални стойности на задръжките на автомобилите е необходимо това да се извършва след определяне на периодите от годината (сезоните) и денонощието, в които е необходимо да се оптимизира

пропускане на пътнотранспортното движение с различна продължителност на цикъла на светофарната уредба, съобразно интензивността на транспортните потоци по направления пристигащи в кръстовището.

Броят и вида на фазите при пропускане на движението през кръстовището влияят в голяма степен на продължителността на цикъла на светофарната уредба. Тяхното определяне се извършва съобразно специфични за кръстовището условия, които включват:

- стойностите за интензивността на транспортните потоци по направления, което до голяма степен определят кои потоци могат да бъдат пропускани в една фаза;
- вида на кръстовището – триклонно, четириклонно и други;
- конфигурацията на кръстовището – определящ е броя и ширината на лентите на входовете и изходите на кръстовището;
- сложност на кръстовището – зависи от броя и вида на конфликтите точки между различните транспортни потоци;
- други – координация със съседни светофарни уредби, пропускане на пешеходци, забрана на леви завойи и други съображения свързани с организацията на движението в района на изследваното кръстовище.

Безопасното изтегляне на транспортните потоци между отделните фази се осигурява от междинните времена, които гарантират необходимото време последният навлязъл автомобил от освобождаващите кръстовището потоци да преmine конфликтната зона с потеглящите потоци от следващата фаза преди първият автомобил от тях да достигне до нея. Тяхното определяне зависи от конфигурацията и геометричните размери на кръстовището. Времетраенето им формира частта от цикъла на светофарната уредба,

* Corresponding author: idadmyanov@tu-sofia.bg

която не може да бъде променяна от гледна точка на безопасността при преминаване през кръстовището.

3 Резултати и дискусия

Обект на изследването са пет светлинно регулирани кръстовища на територията на гр. София - ул. „Акад. Стефан Младенов” и ул. „8-ми декември”, ул. „Слатинска“ и ул. „Иван Щерев“, бул. „Сливница” и улица „Димитър Петков”, бул. „Сливница“ и бул. „Панчо Владигеров“, ул. „Оборище“ и ул. „Черковна“.

Целта е да се изследват и анализират показателите на транспортните потоци, както и да се оцени възможността за оптимизация и подобряване на безопасността на движението.

Изследване на показателите на транспортните потоци е осъществено чрез безпилотен летателен апарат който е издигнат на 90 m височина и видеозаснемане с продължителност от 15 минути, в различни часове през светлата част от денонощието. Периодите на заснемане са определен чрез предварителни частични изследвания за установяване на пиковите часове през месеци юни и юли 2017 г.

Използването на камера с висока разделителна способност позволява постигане на високо качество на записа и възможност да се проследи движението на всеки пешеходец и превозно средство, а оттам и да се получат изследваните показатели на съответните транспортни потоци. От полетния дневник на безпилотния летателен апарат може да се проследи информация за местоположение (координати), време, височина, скорост, оставащо полетно време (батерия) и други за полета. На Фиг. 1 е представена информацията от полетния запис на безпилотния летателен апарат, а на Фиг. 2 снимка на едно от изследваните светофарно регулирани кръстовища.



Фиг. 1. Информация от полетен запис.

При 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 обикновено са по-малко или са равни на автомобилите, които могат да преминават по време на зеления сигнал към съответния поток.



Фиг. 2. Снимка на едно от изследваните кръстовища.

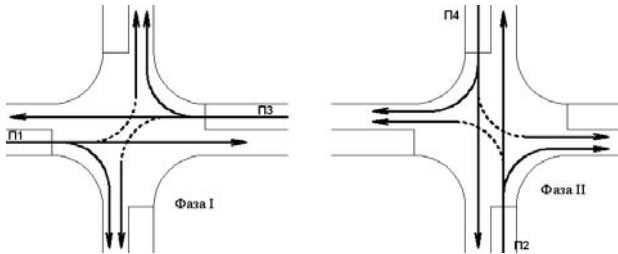
Последователно се определят броя и вида на фазите за пропускане на транспортните потоци през кръстовището.

За определяне на основните показатели на изследваните светофарно регулирани кръстовища и оптимизация им се използва алгоритъм представен в [3] използващ критерия най-малко време за чакане на всички потоци на кръстовището. Изследваните показатели са:

- продължителност на цикъла на светофарната уредба t_c, s ;
- време за червен сигнал на отделните потоци t_r^f, s ;
- време за зелен сигнал на отделните потоци t_g^f, s ;
- междинни времена t_{ij}, s ;
- интензивност на транспортните потоци $I_a^f, a/s$;
- пропускателна способност $I_p^f, a/s$;
- средна дължина на опашките на транспортните потоци $Q_{av}, counts$;
- общо време за чакане T_{wi}, s .

Четири от изследваните кръстовища показват, че движението се пропуска в две фази, като на едно от тях с разкъсване на първа фаза. На петото от изследваните кръстовища се установи, че движението се извършва в четири фази.

След извършване на необходимите предварителни измервания на изследваните светофари, стойностите на входящите им параметри за трите кръстовища с пропускане на движението в две фази са показани в таблици 1, 2 и 3. Времената за зелен сигнал към потоци 1-3 и 2-4 формират времената на отделните фази, а именно – потоци 1 и 3 преминават във фаза I-a, потоци 2 и 4 преминават във фаза II представени на Фиг. 3.



Фиг. 3. План на фази на трите разглеждани кръстовища.

Таблица 1. Входящи параметри на кръстовището на ул. „Акад. Стефан Младенов” и ул. „8-ми декември”.

ул. „Акад. Стефан Младенов” и ул. „8-ми декември”	I_a^f	Q_{av}	t_r^{fi}	t_g^{fi}	t_{ii}
потоци 1 и 3	0,41	12,47	32	20	8
потоци 2 и 4	0,38	11,43	33	19	8

Таблица 2. Входящи параметри на кръстовището на ул. „Слатинска“ и ул. „Иван Щерев“.

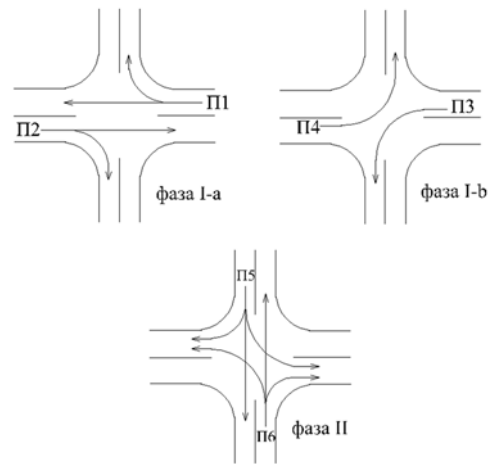
ул. „Слатинска“ и ул. „Иван Щерев“	I_a^f	Q_{av}	t_r^{fi}	t_g^{fi}	t_{ii}
потоци 1 и 3	0,09	2,25	26	16	6
потоци 2 и 4	0,11	2,72	24	21	5

Таблица 3. Входящи параметри на кръстовището на ул. „Оборище“ и ул. „Черковна“.

ул. „Оборище“ и ул. „Черковна“	I_a^f	Q_{av}	t_r^{fi}	t_g^{fi}	t_{ii}
потоци 1 и 3	0,095	2,65	28	21	6
потоци 2 и 4	0,106	1,9	18	18	7

В Таблица 4 са представени данните за кръстовището бул. „Сливница” и улица „Димитър Петков”, където движението се пропуса в две фази с разкъсване на първата фаза. Продължителността на светофарния цикъл е 88 секунди.

Времената за зелен сигнал към потоци 1-2, 3-4 и 5-6 формират фазите на кръстовището (Фиг. 4). Времената представени в таблица 5 на отделните фази – потоци 1 и 2 преминават във фаза I-a, потоци 3 и 4 преминават във фаза I-b и потоци 5 и 6 преминават във фаза II.



Фиг. 4. План на фази на разглежданото кръстовище.

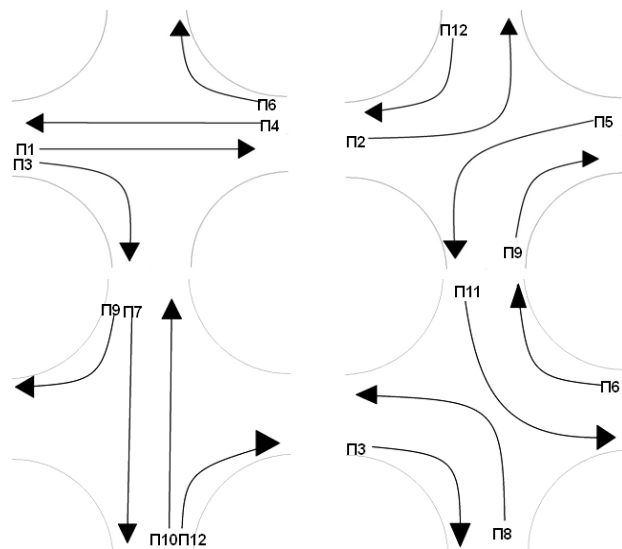
Таблица 4. Входящи параметри на кръстовището на бул. „Сливница” и улица „Димитър Петков”.

бул. „Сливница” и улица „Димитър Петков”	I_a^f	Q_{av}
потоци 1 и 3	0,37	7,25
поток 5	0,11	7,15
потоци 2 и 4	0,51	35,25
поток 6	0,10	6,45

Таблица 5. Времена за зелен, червен сигнал и междинни времена на кръстовището на бул. „Сливница” и улица „Димитър Петков”.

бул. „Сливница” и улица „Димитър Петков”	t_r^{fi}	t_g^{fi}	t_{ii}
потоци 1 и 2	48	35	5
потоци 3 и 4	69	14	5
потоци 5 и 6	59	24	5

Изследваните показатели на петото светлинно регулирано кръстовище е бул. „Сливница“ и бул. „Панчо Владигеров“, като е установено че движението се извършва в 4 фази. Продължителността на цикъла е 97 секунди.



Фиг. 5. План на фази на кръстовището на бул. „Сливница“ и бул. „Панчо Владигеров“

На Фиг. 5 и в Таблица 6 са представени фазите на кръстовището. През фаза 1 се пропускат потоци 1, 4, 3 и 6. Фаза 2 пропуска потоците 2, 5, 9 и 12. Фаза 3 пропуска потоците 7, 9, 10 и 12. Фаза 4 пропуска потоците 3, 6, 8 и 10. В Таблица 7 са представени стойностите на изследваните показатели на кръстовището.

Таблица 6. Продължителност на фазите на светофарната уредба на кръстовището на бул. "Сливница" и бул. "Панчо Владигеров"

бул. "Сливница" и бул. "Панчо Владигеров"	Продължителност на фазите, s
Фаза I	31
Фаза II	20
Фаза III	24
Фаза IV	20

Таблица 7. Входящи параметри на кръстовището на бул. "Сливница" и бул. "Панчо Владигеров".

бул. "Сливница" и бул. "Панчо Владигеров"	I_a^f	Q_{av}
поток 1	0,19	12,87
поток 2	0,05	3,79
поток 4	0,17	11,89
поток 5	0,03	1,89
поток 7	0,12	6,43
поток 8	0,07	6,65
поток 10	0,09	6,51
поток 11	0,05	4,78

След въвеждането на измерените данни в използвания алгоритъм [3] се установява съответствието му с реалната обстановка. При извършената оптимизация на показателите на транспортното движение за изследваните кръстовища се установи, че действащият цикъл на кръстовище ул. „Акад. Стефан Младенов” и ул. „8-ми декември” е оптимален и не се нуждае от оптимизиране. Оптимизираните времена на светофарния цикъл за останалите кръстовища са представени в Таблица 8.

4 Заключение

Използването на безпилотен летателен апарат позволява да се установят показателите пътнотранспортното движение и да се вземат необходимите мерки за подобряване на организацията и безопасността на движението.

След извършеното изследване се постига оптимизация, чрез промяна на продължителността на времената на светофарния цикъл и намаляване на транспортните задръжки.

1. Докладът се публикува във връзка с проект №171ЦФ0001-04

2. Резултатите публикувани в доклада са свързани с НИС по проект №171ЦФ0001-04 към ТФ на ТУ-София.

Таблица 8. Оптимизирани времена на светофарните цикли на изследваните кръстовища.

ул. „Слатинска“ и ул. „Иван Щерев“	t_r^{fi}	t_g^{fi}	t_{ii}
потоци 1 и 3	21	18	6
потоци 2 и 4	18	21	6
ул. „Оборище“ и ул. „Черковна“			
потоци 1 и 3	21	16	7
потоци 2 и 4	16	21	7
бул. „Сливница” и ул. „Димитър Петков”			
потоци 1 и 2	36	47	5
потоци 3 и 4	69	14	5
потоци 5 и 6	71	12	5
бул. „Сливница“ и бул. „Панчо Владигеров“	Продължителност на фазите, s		
Фаза I	38		
Фаза II	10		
Фаза III	24		
Фаза IV	24		

Литература

1. W. McShane, R. Roess, *Traffic engineering*, Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J, 1990.
2. *Highway Capacity Manual*. TRB, National Research Council, Washington, DC, 2000.
3. Д. Салиев, *Моделиране на пътнотранспортното движение при на стъпване на аварийни ситуации*, Дисертация, Технически университет - София, (2013)

Research, analysis and optimization of the indicators of the road traffic of light regulated crossroads

Iliyan Damianov¹, Georgi Mladenov¹, Vladimir Hristov², Milena Savova-Maratzenkova¹ and Georgi Palagachev¹

¹Technical University of Sofia, Department of Engines, Automotive Machinery and Transport

²Technical University of Sofia, Department "Automation of Electric Drives"

Abstract: Subject of the study are five light-regulated crossroads in Sofia - Acad. Stefan Mladenov Street and 8th December Street, Slatinska Street and Ivan Shterev Street, Slivnitsa Blvd. and Dimitar Petkov Street, Slivnitsa Blvd. and Pancho Vladigerov Blvd., Oborishte Str. and Cherkovna Str. The report presents an optimal solution for the duration of the light signals of light regulated intersection.

Избор на метод за определяне скоростите на движение на автомобилите при удар между тях

Георги Джонев¹ и Милена Савова-Мраценкова^{1,*}

¹Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“, Технически университет – София, България

Резюме: В настоящата научноизследователска разработка са представени методи, прилагани при изследване скоростта на движение на моторните превозни средства при удар между тях. Всеки един от анализирания подходи има своите предимства и недостатъци, като при приложението им в практиката е необходимо да се избере най-ефективният от тях, съобразно особеностите на конкретния решаван казус. При сложни, динамични задачи може да се наложи използването на два или повече метода с цел да се осигури точна обосновка на крайните изводи.

1 Въведение

Основната цел при изследване на пътнотранспортни произшествия е прилагане на съвременни и иновативни методи. Предмет на настоящата научноизследователска разработка е анализ и съпоставяне на методи за реконструкция на механизма при настъпване на ПТП. Действителната обстановка на едно транспортно произшествие се изяснява единствено чрез възстановяване на реалното движение на участвалите в инцидента обекти – моторни превозни средства (МПС) и пешеходци. Изготвените автотехнически експертизи са основен източник на доказателства при разследване на ПТП, като определянето на скоростта на автомобилите е един от основните етапи при изготвянето им. В практиката се използват различни методи, като всеки от тях има съответните предимства и недостатъци в сравнение с останалите при изследване на конкретно ПТП. Това изисква от експертите да познават специфичните им особености и да прилагат най-ефективния метод при всеки конкретен случай.

2 Изложение

При експертно изследване и определяне скоростите на движение при удар между МПС могат да се използват следните методи:

2.1. Енергиен метод („Delta V“)

Методът се основава на закона за съхранение на пълната механична енергия, като общата кинетична енергия преди удар между две МПС се трансформира в остатъчна кинетична енергия за всяко от тях след

удара и на енергия на еластична и пластична деформация. При прилагането му се спазва алгоритъм, съдържащ следните елементи [3]:

- измерват се деформациите на автомобилите, причинени от удара между тях (в практиката се извършва в 6 точки, разположени през равен интервал);
- графично се представят автомобилите в момента на удар;
- нанася се директрисата на ударния импулс, сключваща ъгъл θ_S с нормалата на повърхнината на удара;
- изчисляват се загубите на енергия при удара E_i ($i = 1, 2$) за всеки от автомобилите, като се използват краш коефициенти;
- определя се изменението на скоростите ΔV_i ;
- определят се скоростите на масовите центрове на автомобилите след удара \vec{U}_i , като се изследва преместването на всеки един от тях от мястото на удара до крайното му местоположение;
- графично или аналитично се изчисляват скоростите на масовите центрове преди удара \vec{V}_i , като се използва получения при анализа план на скоростите.

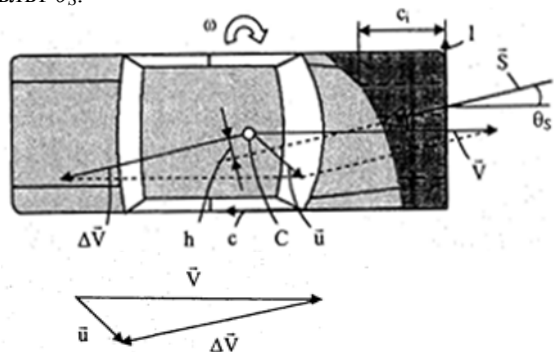
За да се определят скоростите на масовите центрове преди удара \vec{V}_i е необходимо да е известен ъгъл γ , който е разликата от ъглите между скоростите на масовия център на автомобила преди удара α и след удара β .

Фиг. 1 представя деформацията на автомобил, получена при удар и съответния план на скоростите [4]. В триъгълника, получен от векторите на скоростите, ъгълът между векторите \vec{U}_i и \vec{V}_i е ъгълът γ , а ъгълът между векторите \vec{V} и $\overline{\Delta V}$ е ъгълът θ_S .

За да се приложи методът „Delta V“ е необходимо да се определят стойностите на следните изходни параметри за автомобилите участвали в ПТП, като се използва информацията, събрана при извършените огледи на местопроизшествието:

* Corresponding author: savova@tu-sofia.bg

- $\gamma = \alpha - \beta$;
- скоростта на масовия център на автомобила след удара U ;
- ъгълът θ_s .



Фиг. 1. Деформация на автомобил и план на скоростите [4].

При построяване на директрисата на ударния импулс могат да се използват два начина, като първият е аналитичен, а вторият се базира на качествена оценка на линията на деформациите на автомобилите [4]. Посоката на завъртане на автомобилите след удара трябва да е в строго съответствие с посоката и големината на моментите на ударния импулс спрямо масовите им центрове. Директрисата на ударната сила се построява по такъв начин, че да съответства на посоката и големината на ъгловите скорости.

Точността на метода зависи от :

- подхода и точността при измерване деформацията на автомобилите участващи в съприкосновението ;
- избора на краш-коэффициенти ;
- точността при определяне стойността на ъгъла θ_s .

При метода от деформацията на участващите автомобили се определя загубата на кинетична енергия вследствие на удара.

2.2. Закон за съхранение на количеството на движението (метод „Momentum 360“)

Скоростите на автомобилите \vec{V}_i преди удара и \vec{U}_i след удара са свързани със зависимост, основаваща се на закона за съхранение на количеството на движение \vec{Q} . Това може да се изрази със следното векторно уравнение (1) :

$$\vec{Q} = m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = m_1\vec{U}_1 + m_2\vec{U}_2, \quad (1)$$

където m_1 и m_2 са масите на автомобилите; \vec{V}_1 и \vec{V}_2 – скоростите на масовите центрове на автомобилите преди удара; \vec{U}_1 и \vec{U}_2 – скоростите на масовите центрове на автомобилите след удара.

След проектиране на векторното равенство (1) върху координатните оси на произволно избрана координатна система се получава алгебрична система от две уравнения, (2) след решаването на която определяме скоростите на автомобилите преди удара:

$$m_1V_1\cos\alpha_1 + m_2V_2\cos\alpha_2 = m_1U_1\cos\beta_1 + m_2U_2\cos\beta_2;$$

$$m_1V_1\sin\alpha_1 + m_2V_2\sin\alpha_2 = m_1U_1\sin\beta_1 + m_2U_2\sin\beta_2, \quad (2)$$

където α_1 и α_2 са ъглите на посоката на движение на автомобилите преди удара, а β_1 и β_2 – ъглите на посоката на движение на автомобилите след удара.

Стойностите на ъглите на посоката на движение на автомобилите преди и след удара се определят в съответствие с приетата посока на оста X на координатната система. Точността на метода се определя от достоверността на въведените ъгли и от достоверността при субективния избор на коефициент на съпротивление.

Решението е силно чувствително към разликата ($\alpha_1 - \alpha_2$). При ($\alpha_1 - \alpha_2$) $\approx 180^\circ$ (челен удар) или ($\alpha_1 - \alpha_2$) $\approx 0^\circ$ (задан удар) и най-малката промяна на един от ъглите води до значително изменение в стойностите на скоростите преди удара.

При този метод стойностите на скоростите на автомобилите преди удара не зависят от ъгъла на директрисата на ударния импулс α_s .

2.3. Теория на удара

При този метод се използва коефициент на възстановяване, който се определя опитно. При съвършено еластичен удар $k = 1$, а при съвършено нееластичен удар $k = 0$. За реалните тела $0 < k < 1$.

Аналогично от закона за съхранение на количеството на движение се получава системата от две скалярни уравнения за скоростите на автомобилите преди удара. За оста X на координатната система уравнението има вида:

$$(-\cos\alpha_1 e_x - \sin\alpha_1 e_y) V_1 + (\cos\alpha_2 e_x + \sin\alpha_2 e_y) V_2 = \\ = [(\cos\beta_2 e_x + \sin\beta_2 e_y) U_2 - (\cos\beta_1 e_x + \sin\beta_1 e_y) U_1] / (\bar{k}k), \quad (3)$$

където \bar{e} е единичният вектор на вектора на ударния импулс за даден автомобил и проекциите му върху осите на координатната система са: $e_x = \cos \alpha_s$; $e_y = \sin \alpha_s$; α_s – ъгълът, който векторът на ударния импулс сключва с оста X .

Недостатък на дадения метод е липсата на достатъчно данни за стойностите на коефициента на възстановяване, което е предпоставка за известна грешка при определяне скоростите на автомобилите преди удара.

При този метод стойностите на скоростите на автомобилите преди удар не зависят от ъгъла на директрисата на ударния импулс α_s . Използва се основно при изследване на челен или заден удар, когато е затруднено използването на закона за съхранение на количеството на движение.

2.4. Метод на плана на скоростите

Методът се предлага от авторите и се основава на приложението на синусовата и косинусовата теорема. Всеки триъгълник, какъвто е планът на скоростите (фиг. 1), е определен от 6 основни елемента – 3 страни

и 3 ъгъла. За да се определят стойностите им, е необходимо първоначално да са известни три от тях, от които поне един да е страна.

Ако при изследване на удар между автомобили са известни скоростта на масовия център след удара \vec{U}_i и ъглите: $\gamma_1 = \alpha_1 - \beta_1$ и θ_s за всеки един от тях не е необходимо да се използва методът „Delta-V“. Скоростта на автомобила в момента преди удара \vec{V}_i може да се пресметне аналитично или графично, като се използва предлагания от нас метод.

При известни три параметъра от векторния триъгълник, формиращ плана на скоростите (γ , U и θ_s), може да се пресметне аналитично стойността на скоростта на автомобила преди удара, като се използва формулата:

$$V = U \cos \gamma + U \frac{\sin \gamma}{\operatorname{tg} \theta_s}, \text{ m/s.} \quad (4)$$

Изменението на скоростта ΔV , която отчита загубата на енергия при удара се пресмята от израза:

$$\Delta V = U \frac{\sin \gamma}{\sin \theta_s}, \text{ m/s.} \quad (5)$$

Стойността на скоростта на автомобила преди удара може да се определи и графично при известни три параметъра от получения план на скоростите.

Разгледаните методи са приложени при експертен анализ на ПТП между два автомобила, като са използвани следните изходни данни – за първи автомобил: $\gamma_1 = 21^\circ$, $U_1 = 9,30$ m/s, $\theta_{s1} = 9^\circ$; за втори автомобил: $\gamma_2 = 2^\circ$, $U_2 = 9,91$ m/s, $\theta_{s2} = 1^\circ$, $k = 0,3$. Получените резултати са дадени в таблица 1, като стойности на скоростите на автомобилите преди удара за първите три метода са изчислени в [4].

Таблица 1.

Скорост преди удара	Използван метод			
	Delta V	Momentum 360	Теория на удара	План на скоростите
V_1 , m/s;	30,89	30,64	30,70	29,72
V_2 , m/s	29,67	29,48	29,52	29,71

3 Заключение

В настоящата статия са описани предимствата, недостатъците и областта на приложение на разгледаните методи, използвани при определяне скоростите на масовите центрове на автомобилите преди удара между тях.

От Таблица 1 се вижда, че при достатъчно точно определени стойности на входящите параметри са получени почти еднакви стойности за скоростите на автомобилите преди удара между тях.

Предложеният от авторите метод, основаващ се на плана на скоростите, позволява при точно определена стойност на ъгъла θ_s , който директрисата на ударния импулс сключва с нормалата на повърхнината на удара, да се пресметнат скоростите на автомобилите

преди удара между тях, без да е необходимо да се измерва деформацията им. Незначителното отклонение в получените резултати, представени в Таблица 1, се дължи на факта, че стойността на ъгъла α_s е приблизителна. Основното предимство при този подход е, че отпада необходимостта от измерване на деформациите на автомобилите.

Литература

1. А. Ангелов, К. Косев, Д. Петков, *Ръководство за експертно изследване на пътнотранспортни произшествия - II част*, София, СБА, (1993)
2. В. Иларионов, *Експертиза ДТП*, Москва, Транспорт, (1989)
3. G. Bonnett, *Understanding Delta-V from damage*, Professional Accident Reconstruction Specialists, (1996)
4. С. Карапетков, *Автотехническа експертиза*, София, ТУ, (2005)
5. В. Маринов, Д. Любенов, Експертна система за определяне скоростите на движение при удар между МПС, Русенски Университет, Студентска научна сесия, 13, (2013)

Methods for determining the velocity of vehicles in case of an impact between them

Georgi Djonev¹ and Milena Savova-Mratsenkova¹

¹Department of engines, motor vehicles and transport, Technical University of Sofia, Bulgaria

Abstract: The main idea of this report is to present different methods, which are used when analysing the velocities of vehicles in case of an impact between them. Furthermore, the authors of the study suggest method, which allows the determination of vehicles' velocities to happen without the need of deformation measurements.

Влияние на ъгъла на директрисата на ударния импулс върху точността при определяне скоростите на движение на автомобилите при удар между тях

Милена Савова-Мраценкова^{1,*} и Георги Джонев¹

¹Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт“, Технически университет – София, България

Резюме: При анализа на пътнотранспортните произшествия (ПТП) се прилагат различни подходи за определяне скоростите на движение на моторните превозни средства (МПС) в момента на удара между тях. Експертите в тази област е необходимо да изберат метод, с който ще се осигури необходимата точност и обективност при решаване на конкретен казус. В статията е изследвано влиянието на ъгъла на директрисата на ударния импулс върху точността при определяне скоростите на движение на автомобилите при удар между тях, като са използвани и сравнени два различни метода.

1 Въведение

Основните цели при извършване на автотехническа експертиза са свързани с определяне на причините за възникване на пътнотранспортните произшествия (ПТП), анализ и оценка на поведението на участниците. При възстановяване механизма на изследвания инцидент е необходимо да се определи положението на превозните средства в момента на възникване на опасна ситуация, скоростта им в различни моменти от време, мястото на удара по дължина и широчина на пътното платно и др.

Автотехническите експертизи са основен източник на доказателства при разследване на ПТП, като при изготвянето им се използват различни методи за определяне на скоростите на автомобилите в момента на удара. В статията се поставя за цел да се определи приложимостта и точността на два от тях.

2 Изложение

При проведения анализ се изследва влиянието на ъгъла на директрисата на ударния импулс върху точността при определяне скоростите на движение на два автомобила в момента на челен, кос удар между тях, като изходните данни за конкретен пример от [1] са представени в Таблица 1, където B_i е надлъжна база на автомобила, m_i маса на автомобила, α_i – ъгъл преди удара, β_i – ъгъл след удара, U_i – скорост след удара и α_S – ъгъл на директрисата на ударния импулс.

Използвани са два метода: „Енергиен метод Delta-V“ [1] и „Метод на плана на скоростите“ [2], като при проведения анализ останалите параметри остават постоянни, а променлив е само ъгълът α_S , който

директрисата на ударния импулс сключва с абсцисната ос на избраната от нас координатна система.

Таблица 1.

параметър автомобил	B_i , m	m_i , kg	α_i	β_i	U_i , m/s	α_S
Автомобил 1	2,6	1250	0°	339°	9,3	9°
Автомобил 2	2,7	1420	188°	186°	9,91	9°

2.1 Приложение на Енергиен метод „Delta-V“

При прилагането на този метод се спазва алгоритъм, подробно описан в [1], като са дадени стойностите на измерените деформации на автомобилите участващи в ПТП, съответно в 6 точки през равни интервали - Таблица 2.

Таблица 2.

	C1, cm	C2, cm	C3, cm	C4, cm	C5, cm	C6, cm
Автомобил 1	135	112	75	50	23	6
Автомобил 2	108	104	93	80	51	26

В зависимост от дължината на надлъжната база на автомобилите са избрани коефициентите на коравина (краш коефициенти) [1], показани в Таблица 3.

Таблица 3.

	B_i , m	A , N/cm	B , N/cm ²
Автомобил 1	2,6	362	48,3
Автомобил 2	2,6	362	48,3

* Corresponding author: savova@tu-sofia.bg

Стойностите на скоростите в момента на удара, пресметнати по този метод в [1], са: $V_1 = 30,89$ m/s; $V_2 = 29,67$ m/s.

Като спазваме описания в [1] алгоритъм, изменяйки ъгъла на директрисата на ударния импулс със стъпка $0,5^\circ$ сме изчислили съответните загуби на енергия, ΔV_i и стойностите на скоростите в момента на удара V_i за разглежданите автомобили. Получените резултати сме представили в Таблица 4.

Таблица 4.

α_S °	E_1 Nm	E_2 Nm	ΔV_1 m/s	ΔV_2 m/s	V_1 m/s	V_2 m/s
8,5	259 043	332 923	30,88	29,66	30,88	29,66
9,0	259 740	333 000	22,46	19,77	30,86	29,67
9,5	260 749	333 126	30,85	29,68	30,85	29,68
10,0	261 261	333 304	22,49	19,80	30,83	29,69

В разглеждания интервал на изменение на стойностите на ъгъла α_S от $8,5^\circ$ до 10° се наблюдава, че стойностите на V_1 монотонно намаляват, а стойностите на V_2 се увеличават, като тези изменения са в много тесни граници.

При малка стойност на ъгъл θ_S ($\theta_{Si} = \alpha_S - \alpha_i$), който директрисата на ударния импулс сключва с нормалата на повърхнината на удара се наблюдава слабо влияние върху стойностите на останалите параметри, тъй като във формулата за изчисляване загубата на енергия E_i , участва $\text{tg } \theta_{Si}$, който има много малка стойност. Същата тенденция се забелязва и при страничен удар. При приложение на този метод, основно влияние оказва правилното и точно измерване на деформациите на участвалите в произшествието автомобили.

2.2. Приложение на „Метод на плана на скоростите“

Методът, описан в [2] е предложен от авторите на настоящата статия и се основава на правилото, според което при известни три параметъра в триъгълник образуван от векторите на скоростите (γ_i , U_i и θ_{Si}), може директно да се пресметне аналитично или графично стойността на скоростта на автомобила в момента на удара, като се използва формула (1):

$$V = U \cos \gamma + U \frac{\sin \gamma}{\text{tg } \theta_S}, \text{ m/s.} \quad (1)$$

Изменението на скоростта ΔV_i на масовите центрове на участвалите в ПТП автомобили в зависимост от загубата на енергия при удара се определя, като се използва формула (2) :

$$\Delta V = U \frac{\sin \gamma}{\sin \theta_S}, \text{ m/s.} \quad (2)$$

където γ е разликата от ъглите между скоростите на масовия център на автомобила в момента на удара α и след удара β .

При $\theta_{Si} = 0$ няма решение за скоростите ΔV_i .

Методът може да се прилага и в случаите, когато не са известни точните стойности на ъглите на директрисата на ударния импулс α_S . В този случай е необходимо да се определят интервалите в които се изменят тези ъгли, като се спазва посоката на ротация на автомобилите след удара.

При решаването на задачата, като критерий се използва условието, че ударният импулс за всеки от автомобилите, съгласно закона за изменение на количеството на движение е еднакъв (3) :

$$S = m_1 \Delta V_1 = m_2 \Delta V_2, \text{ Ns.} \quad (3)$$

На Фиг. 1 е представена блок схема, описваща алгоритъма при определяне на точните стойности на скоростите на автомобилите в момента на удара, като се приема, че интервалът в който се изменя ъгълът α_S е $[8,5^\circ; 10^\circ]$. Прилагайки числения метод на последователните приближения, чрез делене на интервала наполовина определяме точните стойности на скоростите на автомобилите в момента на удара. Получените резултати са обобщени в Таблица 5.

Таблица 5.

№	α_S °	V_1 m/s	V_2 m/s	$m_1 \Delta V_1$ Ns	$m_2 \Delta V_2$ Ns
1.	9,250	29,15	25,75	25 917	22 512
2.	8,875	30,03	32,55	27 003	32 160
3.	9,063	29,58	28,55	26 449	26 485
4.	9,156	29,36	27,04	16 180	24 334
5.	9,109	29,47	27,76	26 314	25 336
6.	9,086	29,52	28,14	26 381	25 913
7.	9,074	29,55	28,35	26 415	26 196
8.	9,068	29,56	28,45	26 432	26 340
9.	9,065	29,57	28,50	26 440	26 412
10.	9,064	29,57	28,53	26 445	26 449

Броят на итерациите в случая е 10, като при $\alpha_S = 9,064^\circ$ се получава съответно:

$$S_1 = m_1 \Delta V_1 = 26445 \text{ Ns};$$

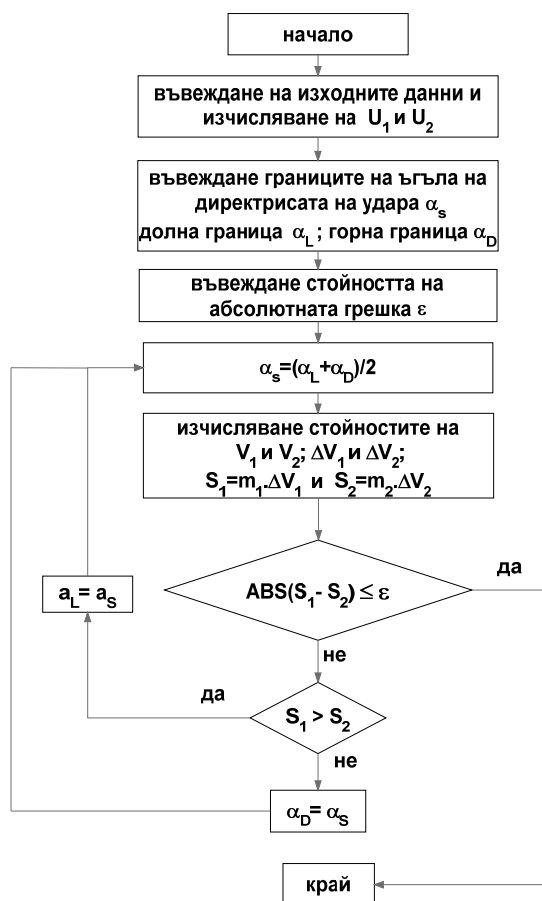
$$S_2 = m_2 \Delta V_2 = 26449, \text{ Ns.}$$

Броят на итерациите зависи от стойността на абсолютната грешка ϵ между ударните импулси S_i за всеки от автомобилите, заложена в алгоритъма на пресмятанята.

Стойностите на скоростите в момента на удара, пресметнати по този метод, са :

$$V_1 = 29,57 \text{ m/s};$$

$$V_2 = 28,53 \text{ m/s.}$$



Фиг. 1. Блок схема.

3 Заключение

3.1. При метод „Delta-V” стойностите на ъглите θ_{Si} оказват слабо влияние върху стойностите на останалите параметри. Решаващото при този метод е правилното и точно измерване на деформациите на участващите в произшествието автомобили.

3.2. Изчислените стойности на скоростите ΔV_i и V_i с предложения от нас метод, основаващ се на плана на скоростите, силно зависят от стойностите на ъглите θ_{Si} .

3.3. Предложеният от авторите метод на плана на скоростите позволява при известен интервал на изменение на ъглите на директрисата на ударния импулс α_S , да се определят точните стойности на скоростите на автомобилите в момента на удара като се спазва условието ударният импулс за всеки от автомобилите съгласно закона за изменение на количеството на движение да е еднакъв.

3.4. Разликите в стойности на скоростите на автомобилите в момента на удара, определени по резгледаните два метода, се дължат на подхода използван при изчисляване на стойностите на скоростта ΔV на масовите центрове на автомобилите в момента на удара.

Литература

1. С. Карапетков, *Автотехническа експертиза*, София, ТУ, (2005)
2. Г. Джонев, М. Савова-Мраценкова, Избор на метод за определяне скоростите на движение на автомобилите при удар между тях, БулТранс-2017, (2017)
3. В. Иларионов, *Експертиза ДТП*, Москва, „Транспорт”, (1989)
4. В. Маринов, Д. Любенов, Експертна система за определяне скоростите на движение при удар между МПС, Русенски Университет, Студентска научна сесия, 13, (2013)

Influence of the angle of the directory on the accuracy of the measurement when determining vehicles' velocities in case of an impact between them

Milena Savova-Mratsenkova¹ and Georgi Djonev¹

¹Department of engines, motor vehicles and transport, Technical University of Sofia, Bulgaria

Abstract. When traffic accidents are analysed, different approaches for determining the velocities of motor vehicles are used. By comparing two different methods for determining the velocities of motion, this report aims to investigate the impact of the angle of the directory on the accuracy of the measurements that are made.



10th Conference Announcement

BulTrans2018

15-17 September 2018
Sozopol, Bulgaria

Conference Topics

Aeronautics

Automotive Engineering and Technologies

Railway Engineering and Technologies

Intelligent Transport Systems

Transport Infra-Structure

Ecological Transport

Water Transport

Transport Management and Logistics

Internal Combustion Engines and Alternative Fuels

Dynamics, Strength and Reliability of Vehicles



www.bultrans.org

BulTrans-2017

SIEMENS

Ingenuity for life



АВТОМОТОР КОРПОРАЦИЯ



KNORR BREMSE

