

ISSN 1311-3321 (print)
ISSN 2535-1028 (CD-ROM)
ISSN 2603-4123 (on-line)

UNIVERSITY OF RUSE “Angel Kanchev”
РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ “Ангел Кънчев”

BSc, MSc and PhD Students & Young Scientists
Студенти, докторанти и млади учени

PROCEEDINGS

Volume 61, book 4.3.
Transport and Machine Science

НАУЧНИ ТРУДОВЕ

Том 61, серия 4.3.
Транспорт и машинознание

Ruse
Русе
2022

Volume 61 of PROCEEDINGS includes the papers presented at the scientific conference RU & SU'22, organized and conducted by University of Ruse "Angel Kanchev" and the Union of Scientists - Ruse. Series 4.3. contains papers reported in the Transport and Machine Science sections.

Book	Code	Faculty and Section
Agrarian and Industrial Faculty		
1.1.	FRI-ONLINE-1-AMT&ASVM	Agricultural Machinery and Technologies, Agrarian Science and Veterinary Medicine
	FRI-ONLINE-1-MR	Maintenance and Reliability
	FRI-ONLINE-1-THPE	Thermal, Hydro- and Pneumatic Equipment
	FRI-ONLINE-1-EC	Ecology and Conservation
	FRI-ONLINE-1-ID	Industrial Design
1.2.	WED-ONLINE-SSS-AMT&ASVM	Agricultural Machinery and Technologies, Agrarian Science and Veterinary Medicine
	WED-ONLINE-SSS- MR	Maintenance and Reliability
	WED-ONLINE-SSS-THPE	Thermal, Hydro- and Pneumatic Equipment
	WED-ONLINE-SSS-EC	Ecology and Conservation
	WED-ONLINE-SSS-ID	Industrial Design
Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering		
2.1.	FRI-ONLINE-1-MEMBT	Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies
2.2.	WED-ONLINE-SSS-MEMBT	Mechanical Engineering and Machine-Building Technologies
Faculty of Electrical Engineering Electronics and Automation		
3.1.	FRI-ONLINE-1-EEEA	Electrical Engineering, Electronics and Automation
3.2.	FRI-ONLINE-1-CCT	Communication and Computer Technologies
3.3.	THU-ONLINE-SSS-EEEA	Electrical Engineering, Electronics and Automation
	THU-ONLINE-SSS-CCT	Communication and Computer Technologies
Faculty of Transport		
4.1.	FRI-2.209-1-TMS	Transport and Machine Science
4.2.	FRI-2.204-SITSTL	Sustainable and Intelligent Transport Systems, Technologies and Logistics
4.3.	WED-ONLINE-SSS-TMS	Transport and Machine Science
Faculty of Business and Management		
5.1.	FRI-ONLINE-1-EM	Economics and Management
5.2.	FRI-ONLINE-1-LIPC	Linguoculturology, Intercultural and Political Communication
5.3.	THU-ONLINE-SSS-EM	Economics and Management
5.4.	FRI-ONLINE-1-ESIS	European Studies and International Security
8.2.	FRI-ONLINE-1-SW	Social Work
Faculty of Natural Sciences and Education		
6.1.	FRI-ONLINE-1-MIP	Mathematics, Informatics and Physics
6.2.	FRI-ONLINE-1-PP	Pedagogy and Psychology
6.3.	FRI-ONLINE-1-LL	Linguistics and Literature
	FRI-ONLINE-1-AS	Art Studies
6.4.	FRI-ONLINE-1-ERI	Education - Research and Innovations

6.5.	THU-ONLINE-SSS-FM	Financial Mathematics
	THU-ONLINE-SSS-PP	Pedagogy and Psychology
Faculty of Law		
7.1.	FRI-ONLINE-1-LS	Law Studies
7.2.	FRI-ONLINE-1-NS	National Security
7.3.	MON-ONLINE-SSS-L	Law Studies
Faculty of Public Health and Health Care		
8.1.	FRI-ONLINE-1-HP	Health Promotion
8.3.	FRI-ONLINE-1-HC	Health Care
8.4.	FRI-ONLINE-1-MCDA	Medical and Clinical Diagnostic Activities
8.5.	THU-ONLINE-SSS-HP	Health Promotion
	FRI-ONLINE-SSS-HC	Health Care
	THU-ONLINE-SSS-MCDA	Medical and Clinical Diagnostic Activities
Quality of Education Directorate		
9.1.	FRI-ONLINE-QHE	Quality of Higher Education
Razgrad Branch of the University of Ruse		
10.1.	FRI-LCR-1-CT(R)	Chemical Technologies
10.2.	FRI-LCR-1-BFT(R)	Biotechnologies and Food Technologies
10.3.	TUE-ONLINE-SSS-BFT(R)	Biotechnologies and Food Technologies
	TUE-ONLINE-SSS-CT(R)	Chemical Technologies
Silistra Branch of the University of Ruse		
11.1.	FRI-ONLINE-DPM(S)	Didactics, Pedagogy and Methodology of training in...
	FRI-ONLINE-LTLHF(S)	Linguistics; Theory of Literature and History; Philosophy
	FRI-ONLINE-ELENSTS(S)	E-Learning; Electrical; Technical Sciences
11.2.	FRI-ONLINE-SSH(S)	Humanities
	FRI-ONLINE-SSS-PPTM(S)	Pedagogy, Psychology, and Teaching Methodology
	FRI-ONLINE-SSS-TS(S)	Technical Sciences

The papers have been reviewed.

ISSN 1311-3321 (print)

ISSN 2535-1028 (CD-ROM)

ISSN 2603-4123 (on-line) Copyright © authors

The issue was included in the international ISSN database, available at <https://portal.issn.org/>.

The online edition is registered in the portal ROAD scientific resources online open access



PROGRAMME COMMITTEE

- **Prof. Amar Ramdane-Cherif**
University of Versailles, France
- **Assoc. Prof. Manolo Dulva HINA**
ECE Paris School of Engineering, France
- **Prof. Leon Rothkrantz**
Delft University of Technology, Netherlands
- **Assoc. Prof. Antonio Jose Mendes**
University of Coimbra, Portugal
- **Prof. Ville Leppanen**
University of Turku, Finland
- **Assoc. Prof. Marco Porta**
University of Pavia, Italy
- **Prof. Douglas Harms**
DePauw University, USA
- **Prof. Zhanat Nurbekova**
L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur Sultan, Kazakhstan
- **Prof. Mirlan Chynybaev**
Kyrgyz State Technical University, Bishkek, Kyrgyzstan
- **Prof. Ismo Hakala, PhD**
University of Jyväskylä, Finland
- **Prof. Artur Jutman, PhD**
Tallinn University of Technology, Estonia
- **Prof. RNDr. Vladimir Tvarozek, PhD**
Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia
- **Assoc. Prof. Ing. Zuzana Palkova, PhD**
Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia
- **Andrzej Tutaj, PhD**
AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland
- **Prof. Valentin NEDEFF Dr. eng. Dr.h.c.**
“Vasile Alecsandri” University of Bacău, Romania
- **Cătălin POPA, PhD**
“Mircea cel Bătrân” Naval Academy, Constantza, Romania
- **Prof. dr Larisa Jovanović**
Alfa University, Belgrade, Serbia
- **Prof. dr hab. Edmund LORENCOWICZ**
University of Life Sciences in Lublin, Poland
- **Assoc. Prof. Ion MIERLUS - MAZILU, PhD**
Technical University of Civil Engineering, Bucharest, Romania
- **Prof. Dojčil Vojvodić PhD**
Faculty of Philosophy, University of Novi Sad, Serbi
- **Assoc. Prof. Alexandrache Carmen, PhD**
Department of Teacher Training, “Dunarea de Jos”, Galati University, Romania
- **Prof. Alberto Cabada**
University of Santiago de Compostela, Faculty of Mathematics, Santiago de Compostela, Spain
- **Kamen Rikev, PhD**
Institute of Slavic Philology, Maria Curie-Skłodowska University in Lublin, Poland

- **Anna Klimentova, PhD**
Constantine the Philosopher University of Nitra, Slovakia
- **Prof. Ricardo Gobato, PhD**
Secretariat of State of Parana Education and Sport (SEED/PR), Laboratory of Biophysics and Molecular Modeling Genesis
- **Prof. Fatima Rahim Abdul Hussein, PhD**
University of Misan, College of Basic Education, English Department, Iraq
- **Prof. Emilija Gjorgjeva, PhD**
Goce Delchev University - Shtip, Nord Macedonia
- **Prof. Igor Kevorkovich Danilov, DSc**
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia
- **Prof. Aleksander Valentinov Sladkowski, DSc**
Silesian University of Technology, Poland
- **Prof. Vera Karadjova, PhD**
“St. Kliment Ohridski” University – Bitola, Faculty of tourism and hospitality – Ohrid, Republic of North Macedonia
- **Prof. Aleksandar Trajkov, PhD**
“St. Kliment Ohridski” University - Bitola, Faculty of tourism and hospitality – Ohrid, Republic of North Macedonia
- **Prof. Petar Pepur, PhD**
University of Split, Croatia
- **Prof. Korhan Arun, PhD**
Namik Kemal University, Tekirdağ, Turkey
- **Prof. Yuliya Yorgova, PhD**
Burgas Free University, Bulgaria
- **Jelena Stankovic, PhD**
University of Nis, Serbia
- **Jovica Stankovic, PhD**
University of Nis, Serbia
- **Prof. Gerhard Fiolka, PhD**
University of Fribourg, Switzerland
- **Prof. Haluk Kabaalioglu, PhD**
Yeditepe University, Turkey
- **Prof. Silva Alves, PhD,**
University of Lisbon, Portugal
- **Hanneke van Brugge, DHC mult**
Appeldoorn, The Netherlands
- **Prof. Elena Torina**
Tula State Pedagogical University "L. N. Tolstoy", Tula, Russia
- **Prof. Violeta Jotova**
Direction Pediatrics at St. Marina University Hospital - Varna, Bulgaria, Chair ESPE Postgraduate Qualification Committee
- **Prof. Tanya Timeva, MD, PhD**
Obstetrics and Gynecology Hospital "Dr. Shterev", Sofia, Bulgaria
- **Prof. Kiril Stoychev, PhD,**
Institute of Metal Science, Equipment and Technologies “Acad. A. Balevsci” with Hydroaerodinamics centre – BAS, Bulgaria
- **Assoc. Prof. Mark Shamtsyan, PhD**
Technical University, Saint Petersburg, Russia

- **Assoc. Prof. Oleksii Gubenia, PhD**
National University of Food Technologie, Kiev, Ukraine
- **Prof. Olexandr Zaichuk, DSc**
Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine
- **Prof. Eugene Stefanski, DSc**
Samara University, Russia
- **Assoc. Prof. Tatiana Strokovskaya, PhD**
International University of Nature “Dubna”, Dubna, Russia
- **Prof. DSc. Petar Sotirow**
Maria Curie-Sklodowska University of Lublin, Poland
- **Prof. Papken Ehasar Hovsepian**
Sheffield Hallam University, Sheffield, UK
- **Accos. Prof. Krassimir Dochev Dochev, PhD**
University of Portsmouth School of Engineering, UK
- **Mariana Yordanova Docheva, PhD**
University of Portsmouth School of Engineering, UK
- **Assoc. Prof. Ivan Antonov Lukanov, PhD**
University of Botswana, Faculty of Engineering and Technology, Gaborone, Botswana
- **Assoc. Prof. Petko Vladov Petkov, PhD**
Research Associate Cardiff University, UK
- **Prof. Stepan Terzian DSc**
Bulgarian Academy of Science, Bulgaria
- **Prof. Gabriel Negreanu, PhD**
University Politehnica of Bucharest, Romania

ORGANISING COMMITTEE

♦ ORGANIZED BY: UNIVERSITY OF RUSE (UR) AND UNION OF SCIENTISTS (US) - RUSE

♦ ORGANISING COMMITTEE:

• **Chairperson:**

Prof. DTSc. Hristo Beloev, DHC mult., Academician of Bulgarian Academy of Sciences - Rector of UR, Chairperson of US - Ruse

• **Scientific Secretary:**

Prof. Diana Antonova PhD, Vice-Rector Research, dantonova@uni-ruse.bg, 082/888 249

• **THEMATIC FIELDS:**

- **Agricultural Machinery and Technologies, Agrarian Sciences and Veterinary Medicine**
- **Maintenance and Reliability**
- **Thermal, Hydro- and Pneumatic Equipment**
- **Ecology and Conservation**
- **Industrial Design**
Assoc. Prof. Plamen Manev, pmanev@uni-ruse.bg, 082 888 485
- **Didactics, Pedagogy and Methodology of training in...; (16.10., Silistra)**
Assoc. Prof. Diana Zhelezova-Mindizova, PhD, dmindizova@uni-ruse.bg
- **Linguistics; Theory of Literature and History; Philosophy; (16.10., Silistra)**
Assoc. Prof. Todorka Georgieva, DcS, tgeorgieva@uni-ruse.bg
- **E-Learning; Technical Sciences; (16.10., Silistra)**
Assoc. Prof. Evgenia Goranova, PhD, egoranova@uni-ruse.bg
- **Chemical Technologies (05-06.11., Razgrad)**
- **Biotechnologies and Food Technologies (05-06.11., Razgrad)**
Assoc. Prof. Tsvetan Dimitrov, PhD, conf_rz@abv.bg, 0887 631 645
- **Mechanical Engineering and Machine-building Technologies**
Prof. Ivelin Ivanov, PhD, ivivanov@uni-ruse.bg, +359 82 888 472
- **Electrical Engineering, Electronics and Automation**
Assoc. Prof. Boris Evstatiev, PhD, bevstatiev@uni-ruse.bg, 082 888 371
- **Communication and Computer Systems**
Assoc. Prof. Galina Ivanova, PhD, giivanova@uni-ruse.bg, 082 888 855
Pr. Assist. Ivanka Tsvetkova, PhD, itsvetkova@uni-ruse.bg, 082 888 836
- **Transport and Machine Science**
Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD, spi@uni-ruse.bg, 082 888 331
- **Sustainable and intelligent transport systems, technologies and logistics**
Prof. Velizara Pencheva, PhD, vpencheva@uni-ruse.bg, 082 888 558, 082 888 608

- **Economics and Management**
Pr. Assist. Miroslava Boneva, PhD, mboneva@uni-ruse.bg, 082/888 776
Pr. Assist. Elizar Stanev, PhD, eastanev@uni-ruse.bg, 082/888 557
- **European studies and International Security**
Prof. Vladimir Chukov, DSc, vlachu1@gmail.com, +359 82 825 667
Assoc. Prof. Mimi Kornazheva, PhD, mkornazheva@uni-ruse.bg, +359 82 825 667
- **Linguoculturology, Intercultural and Political Communication**
Prof. Juliana Popova, PhD, jppopova@uni-ruse.bg, +359 82 888 255
Pr. Assist. Hristina Sokolova, PhD, hsokolova@uni-ruse.bg, +359878537015
- **Mathematics, Informatics and Physics**
Prof. Tsvetomir Vasilev, PhD,
tvasilev@uni-ruse.bg, 082/888 475
- **Education – Research and Innovations**
Assoc. Prof. Emilia Velikova, PhD,
evelikova@uni-ruse.bg, 0885 635 874
- **Pedagogy and Psychology**
Assoc. Prof. Bagryana Ilieva, PhD,
bilieva@uni-ruse.bg 082 888 219
- **History, Ethnology and Folklore**
Pr. Assist. Reneta Zlateva, PhD
rzlateva@uni-ruse.bg, 082/888 752
- **Linguistics, Literature and Art Science**
Assoc. Prof. Velislava Doneva, PhD,
doneva_v@uni-ruse.bg, 0886 060 299
- **Health Promotion**
Assoc. Prof. Stefka Mindova, PhD,
smindova@uni-ruse.bg, 0882 895 149
- **Social Work**
Assoc. Prof. Silvia Krushkova, PhD, skrushkova@uni-ruse.bg, 0882517554
Pr. Assist. Ana Popova, PhD, apopova@uni-ruse.bg, 0889 874219
- **Medical and Clinical Diagnostic Activities**
Prof. Nikola Sabev, DSc,
nsabev@uni-ruse.bg, 0882 123 305
- **Health Care**
Pr. Assist. Tsveta Hristova, PhD,
tshristova@uni-ruse.bg, 0878 389 793
- **Law**
Assoc. Prof. Elitsa Kumanova, PhD,
ekumanova@uni-ruse.bg, 0884 980 050
- **National Security**
Assoc. Prof. Milen Ivanov, DSc,
poligon@abv.bg, 082 888 736
- **Quality of Higher Education**
Prof. Ivanichka Serbezova, PhD, iserbezova@uni-ruse.bg
Daniela Todorova, dtodorova@uni-ruse.bg, 082 888 378

- **REVIEWERS:**

Prof. Velizara Pencheva, PhD,

Prof. Emil Marinov, PhD,

Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD,

TRANSPORT AND MACHINE SCIENCE

Content

1.	WED-ONLINE-SSS-TMS-01	11
	Distribution of Road Traffic Injuries by Municipalities on the Territory of Vidin District	
	<i>Elvira Gerasimova, Daniel Lyubenov</i>	
2.	WED-ONLINE-SSS-TMS-02	17
	Contemporary Road Safety Concepts	
	<i>Metodiy Steliyanov, Daniel Lyubenov</i>	
3.	WED-ONLINE-SSS-TMS-03	23
	Road Safety and Fatigue Management	
	<i>Metodiy Steliyanov, Daniel Lyubenov</i>	
4.	WED-ONLINE-SSS-TMS-04	30
	Investigation of Mechanical Component Contemporary Applications	
	<i>Gergana Mollova, Dimitar Bonev, Antoaneta Dobreva</i>	
5.	WED-ONLINE-SSS-TMS-05	35
	Analysis of Fundamental Design Principles	
	<i>Mariyana Karailieva, Vasko Dobrev</i>	
6.	WED-ONLINE-SSS-TMS-06	39
	Design Process Models and Applications Aspects	
	<i>António Alves, Rita Amaral, Vasko Dobrev</i>	
7.	WED-ONLINE-SSS-TMS-07	44
	Optimization of Internal Combustion Engines Using Artificial Intelligence	
	<i>Ivaylo Borisov, Simeon Iliev</i>	
8.	WED-ONLINE-SSS-TMS-08	48
	The Application of the Technologies to Improve Efficiency and Reduce Emissions in Internal Combustion Engines	
	<i>Dimitar Obretenov, Simeon Iliev</i>	
9.	WED-ONLINE-SSS-TMS-09	53
	Review of Thermal Management Systems for Heating of Battery-Electric Vehicles	
	<i>Petar Pavlov, Petko Mashkov</i>	
10.	WED-ONLINE-SSS-TMS-10	61
	Review of Thermal Management Systems for Cooling of Battery-Electric Vehicles	
	<i>Petar Pavlov, Petko Mashkov</i>	
11.	WED-ONLINE-SSS-TMS-11	67
	Overview of Designing Steps	
	<i>Mariyana Karailieva, Vasko Dobrev</i>	

12	WED-ONLINE-SSS-TMS-12 Study of Transport Work and Organization in a Courier Company “Speedy” <i>Yalchin Hasanov, Asen Asenov</i>	71
13	WED-ONLINE-SSS-TMS-13 Passenger Vehicle Design <i>Vladislav Tonchev, Ahmed Ahmed</i>	78
14	WED-ONLINE-SSS-TMS-14 Comparative Analysis of Compressors Used in Car Air Conditioning Systems <i>Vanyo Georgiev, Ivan Karagerov, Georgi Kadikyanov</i>	83
15	WED-ONLINE-SSS-TMS-15 Research Condition of the Riverbed in Ports for the Presence of Critical Areas <i>Pavel Kosov, Toncho Balbuzanov</i>	88
16	WED-ONLINE-SSS-TMS-16 Maintenance of a Shipping Route on the Danube River in the Bulgarian Section <i>Pavel Kosov, Toncho Balbuzanov</i>	92

DISTRIBUTION OF ROAD TRAFFIC INJURIES BY MUNICIPALITIES ON THE TERRITORY OF VIDIN DISTRICT¹

Elvira Gerasimova, Student

Department of Transport,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: (+359) 082 888 605
E-mail: elviragerasimova@abv.bg

Assoc. Prof. Daniel Lyubenov, PhD

Department of Transport,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: (+359) 082 888 605
E-mail: dliubenov@uni-ruse.bg

Abstract: Road transport accounts for almost half of freight activity. Over the next 30 years, the share of transport in the European Union is expected to increase by about 50%. This has a direct impact on road safety. This paper presents data on road traffic injuries in Vidin district for a period of two years - 2020 and 2021. The distribution of injuries was made by municipalities. A classification of traffic injuries according to various criteria is presented.

Keywords: Road Traffic Injuries, Vidin District

ВЪВЕДЕНИЕ

Мобилността оказва голямо влияние върху ежедневието. Чрез нея се определя как взаимодействат хората и икономиките. На европейско ниво в транспортния сектор работят над 11 милиона души. Автомобилният транспорт заема почти половината от товарната дейност. Около 13% от всички разходи на домакинствата се разпределят за някакъв вид превоз. За периода 2010-2050 г. се очаква в Европейския съюз пътническият транспорт да нарасне с близо 42%, а товарният с 60% [State Agency Road Safety, 2020].

Пътнотранспортният травматизъм в България е неприемливо висок [Lyubenov, 2021, Balbuzanov, 2021]. През 2021 г. на територията на страната са настъпили 6080 тежки пътнотранспортни произшествия, при които са загинали 561 и са ранени 7609 човека. Спрямо 2020 загиналите през 2021 са повече с 98, а ранените – с 488 [<https://www.mvr.bg>, 2022].

Територията на област Видин включва 11 общини (Видин, Бойница, Брегово, Белоградчик, Грамада, Димово, Кула, Макреш, Ново село, Ружинци и Чупрене), седем града и 135 села [<https://www.mvr.bg>, 2022; <https://vidin.government.bg>, 2022; ОДМВР Видин, 2021].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Територията на Община Видин е 516 km², което е около 17% от територията на Област Видин. Населението на община Видин е 65 727 жители, които живеят в 2 града и 32 села. Общината е най-голяма. През общината преминават изцяло или частично 9 пътя от републиканската пътна мрежа с обща дължина от 134 km.

Община Брегово е с територия 179 km², като съставлява близо 6% от територията на Област Видин. Населението на общината е 5731 души, които живеят в 1 град и 9 села. През

¹ Докладът е представен на студентската научна сесия на 19 Май 2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език:: Разпределение на пътнотранспортния травматизъм по общини на територията на Област Видин.

общината преминават частично два пътя от републиканската пътна мрежа с дължина от 35 km.

Територията на Община Ново село е 109 km², което съставлява близо 4% от територията на Област Видин. Населението на общината е 3111 души, които живеят в 5 села. През общината преминава частично участък от 17 km от републикански път III-122.

Община Димово е разположена в източната част на област Видин. Територията на общината е с площ от 402 km², като заема 3-то място сред общините в област Видин и съставлява около 13% от територията на областта. Населението на общината е 6600 души. През общината преминават частично 7 пътя от Републиканската мрежа с дължина 91 km.

Община Белоградчик е разположена в югозападната част на Област Видин и е с площ от 411 km². Тя е втора по големина, като е над 13% от територията на областта. Общината има 18 населени места с общо население 6602 жители. През общината преминават частично 4 пътя от Републиканската пътна мрежа с обща дължина от 83 km.

Община Ружинци е разположена в югоизточната част на област Видин и е с площ от 233 km² и заема 6-то място по големина, което съставлява около 7% от територията на областта. Населението и наброява 4192 души. През общината преминават частично 4 пътя от републиканската пътна мрежа с обща дължина от 46 km.

Община Чупрене е разположена в южната част на област Видин и е с площ от 327 km² и заема 4-то място, което съставлява близо 11% от територията на областта. Населението наброява 2028 души. През общината преминават частично два пътя от републиканската пътна мрежа с обща дължина от 36 km.

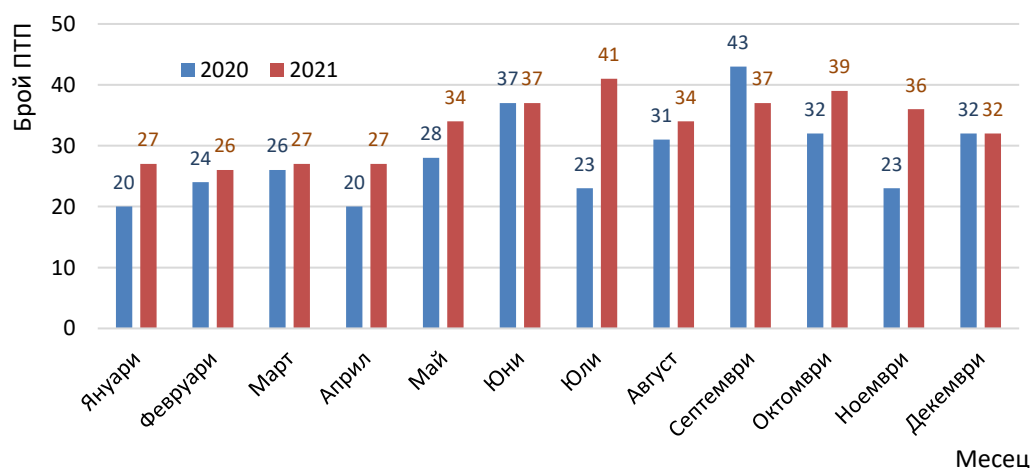
Община Макреш е разположена в западната и централна част на област Видин и е с площ от 229 km² и заема 7-мо място, което съставлява около 7% от територията на областта. Населението наброява 1537 души. През общината преминават частично 3 пътя от републиканската пътна мрежа с обща дължина от 43 km.

Община Кула е разположена в западната част на област Видин и е с площ от 279 km² и заема 5-то място, което съставлява около 9,2% от територията на областта. Населението наброява 4454 души. През общината преминават частично 4 пътя от републиканската пътна мрежа с обща дължина от 42 km.

Община Грамада е разположена в централната част на областта и е с площ от 184 km², заема 9-то място, което е 6% от територията на областта. Населението е 1995 души. През общината преминават частично 4 пътя от републиканската пътна мрежа с дължина от 42 km.

Община Бойница е разположена в северозападната част на област Видин и е с площ от 183 km² и заема 8-мо място, което съставлява 6 % от територията на областта. Населението наброява 1315 души. През общината преминава частично участък от 30 km от републикански път III-121.

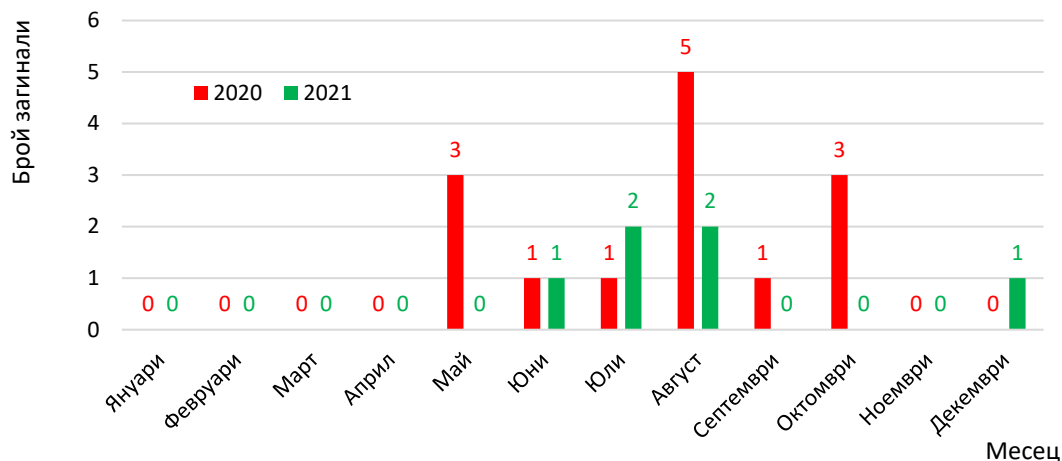
На фиг. 1 са представени данни [ОДМВР Видин, 2021] за разпределението на ПТП в област Видин по месеци за 2020 и 2021 г.



Фиг. 1. Разпределение на ПТП по месеци

Анализирайки резултатите се определя, че на територията на област Видин през 2020 г. са настъпили общо 339 ПТП, средно на месец по 28. През 2021 г. са настъпили общо 397 ПТП, средно на месец по 33. Наблюдава се увеличаване на произшествията за последната година. Изключение правят месеците юни, септември и декември.

На фиг. 2 е представено разпределението на загиналите при ПТП в област Видин по месеци за 2020 и 2021 г. [ОДМВР Видин, 2021].



Фиг. 2. Разпределение на загиналите при ПТП по месеци

Анализирайки резултатите се определя, че на територията на област Видин през 2021 г. са загинали 6 човека. През 2020 г. са загинали 14 човека. Наблюдава се намаляване на загиналите за 2021 с 8 човека, което е над 50%. Средно за година в периода от 2015 до 2021 са загивали по 10 човека. През 2021 ранените са 92, а през 2020 ранени са - 126. Наблюдава се намаляване за 2021 с 34, което е 27%.

В табл. 1 са представени данни за разпределението на ПТП, загиналите и ранените през 2021 по вид [ОДМВР Видин, 2021].

Табл. 1. Разпределение на ПТП, загинали и ранени по вид

Вид на ПТП	Брой ПТП	Загинали	Ранени
Блъскане на пешеходец	9	0	8
Блъскане в дърво	28	2	14
Блъскане на велосипедист	7	1	5
Сблъскване между МПС	152	3	34
Блъскане на паркирано/спряно МПС	41	0	3
Преобръщане на МПС извън пътя	30	0	10
Блъскане в препятствие на пътя	70	0	14
Блъскане на животно	10	0	1
Друг вид ПТП	50	0	3

Анализът на настъпилите произшествия определя, че с най-голям дял са тези от вида „Сблъскване между МПС“. Те представляват 38% от общия брой ПТП. На второ място са от вида „Блъскане в препятствие на пътя“ - стълб, предпазна ограда, крайпътно съоръжение, препятствие на пътя. Те представляват 18% от общия брой ПТП. Общо тези два вида ПТП съставляват над 50% от всички видове ПТП, настъпили на територията на област Видин.

В табл. 2 са представени данни за разпределението на ПТП, загиналите и ранените през 2020 и 2021 по общини [ОДМВР Видин, 2021].

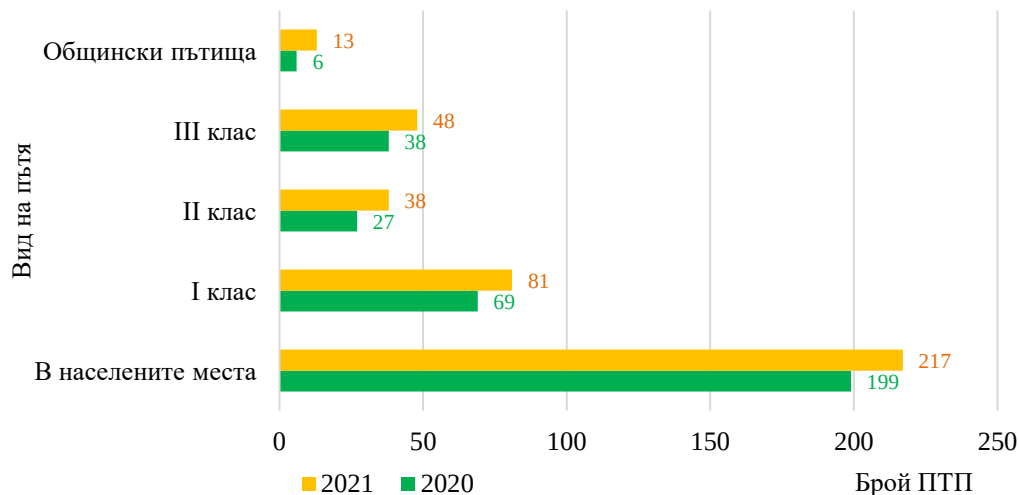
Разпределението на ПТП по общини за 2021 година показва, че най-много от тях са настъпили в община Видин – 233 броя. Това представлява 59% от общия брой ПТП за областта.

Табл. 2. Разпределение на ПТП, загиналите и ранените по общини

Община	Брой ПТП		Убити		Ранени	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021
Видин	202	233	9	5	68	51
Брегово	10	7	2	0	6	3
Ново село	9	5	1	0	4	2
Белоградчик	16	28	0	0	3	6
Ружинци	20	31	1	0	6	12
Чупрене	3	6	0	0	0	1
Димово	55	56	1	1	30	2
Кула	19	18	0	0	7	8
Бойница	0	5	0	0	0	1
Грамада	2	3	0	0	1	3
Макреш	3	5	0	0	1	3

При загиналите тази община е с дял 83%, а при ранените - с 55%. На второ място по показател брой ПТП за 2021 година е община Димово – 56. Това представлява 14% от общия брой ПТП за областта. Определя се, че 73% от ПТП са настъпили в две от всичките 11 общини. Това са общините Видин и Димово. За загиналите делът на тези две общини е 100%.

На фиг. 3 е представено разпределението на произшествията по място на настъпване за 2020 и 2021 [ОДМВР Видин, 2021].



Фиг. 3. Разпределение на ПТП по място на настъпване

Анализът на произшествия по място определя, че с най-голям дял са настъпили в населени места. За 2020 те представляват 59% от общия брой ПТП, а за 2021 - 55% от общия брой ПТП. На второ място са произшествията настъпили на пътища първи клас. Те са над два пъти по-малко в сравнения с тези, настъпили в населените места.

В табл. 3 е представено разпределение на загиналите и ранените по място на настъпване за 2020 и 2021 г. За 2020 година най-много са загинали в населените места, а на второ място на пътища III клас. За 2021 година най-много са загинали в пътища II клас, а на второ място са пътища I клас. За показателя загинали няма ясна тенденция спрямо мястото на настъпване. Различни са показателите за разглежданите години.

Табл. 3. Разпределение на загиналите и ранените по място

Място на настъпване	Загинали		Ранени	
	2020	2021	2020	2021
В населени места	7	1	76	47
I клас	2	2	8	1
II клас	0	3	18	7
III клас	5	0	18	10
Общински пътища	0	0	6	11

Резултатите при ранените определят тенденция, че най-много са пострадали в населените места – над 50% и за двете разгледани години. При останалите категории липсва категорична тенденция.

На фиг. 4 е представено разпределение на ПТП според извършените нарушения от водачите на МПС за 2021 г. [ODMVR Vidin, 2021].



Фиг. 4. Разпределение на ПТП според извършените нарушения

Анализът на данните определя, че 27% от възникналите ПТП са вследствие на управление на МПС със скорости, несъобразени с конкретните пътни и атмосферни условия. Като не отчитаме обобщените произшествия в групата „По друга причина“ следва, че на второ място са нарушения, свързани с отнемане на предимство. Техният дял е 13%.

За 2021 г са идентифицирани два участъка с концентрация на ПТП в селата Скомля и Медовница и два участъка с концентрация на ПТП извън населени места на републикански път I-1 в участъка между гр. Димово и с. Бела и в участъка между с. Арчар и с. Септемврийци.

ИЗВОДИ

В резултат на тази работа могат да бъдат направени следните изводи, относно пътнотранспортния травматизъм на територията на Област Видин.

През 2021 г. на територията на страната са настъпили 6080 тежки пътнотранспортни произшествия, при които са загинали 561 и са ранени 7609 човека. Спрямо 2020 загиналите през 2021 са повече с 98, а ранените – с 488.

На територията на област Видин през 2020 г. са настъпили общо 339 ПТП, средно на месец по 28. През 2021 г. са настъпили общо 397 ПТП, средно на месец по 33.

Установено е намаляване на загиналите с над 50% за 2021 спрямо 2020. При ранените това намаляване е 27%.

Установено е, че с най-голям дял са ПТП от вида „Сблъскване между МПС“. Те представляват 38% от общия брой ПТП. На второ място са от вида „Блъскане в препятствие на пътя“ - стълб, предпазна ограда, крайпътно съоръжение, препятствие на пътя. Те представляват 18% от общия брой ПТП.

Разпределението на ПТП по общини за 2021 година определя, че най-много от тях са настъпили в община Видин – 233 броя. Това представлява 59% от общия брой ПТП за областта. При загиналите тази община е с дял 83%, а при ранените - с 55%.

Установено е, че с най-голям дял са ПТП, настъпили в населени места. За 2020 те представляват 59% от общия брой ПТП, а за 2021 - 55% от общия брой ПТП.

Най-голям дял от възникналите ПТП за 2021 година са вследствие на управление на МПС със скорости несъобразени с конкретните пътни и атмосферни условия - 27%.

REFERENCES

Balbuzanov, T. (2021). Research of some sections of bicycle infrastructure in the city of Ruse. Proceedings of University of Ruse, Volume 60, Book 4.2, p. 151 - 156.

Lyubenov, D. (2021). Application of a Different Pedestrian Impact Models to the Determination of Impact Speed. Proceedings of University of Ruse, Volume 60, Book 4.2, p. 54-58.

ODMVR Vidin. (2021). Data from the Traffic Police Sector at ODMVR Vidin for road safety. ОДМВР Видин. (2021). Данни от сектор Пътна полиция при ОДМВР Видин за пътната безопасност.

State Agency Road Safeti (2020). National Strategy 2021 - 2030 for road safety in the Republic of Bulgaria. Sofia, 2020. Държавна агенция Безопасност на движението по пътищата. Национална стратегия 2021 – 2030 за безопасност на движението по пътищата в Република България. София.

<https://vidin.government.bg/infrastruktura>. Областна администрация Видин.

<https://www.mvr.bg>. Ministry of Interior. Injuries in traffic accidents in 2021. Министерство на вътрешните работи. Травматизъм при пътнотранспортни произшествия през 2021 година.

CONTEMPORARY ROAD SAFETY CONCEPTS²

Eng. Metodiy Steliyanov, PhD Student

Department of Transport,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: (+359) 0876 308 849

E-mail: metodiy@abv.bg

Assoc. Prof. Daniel Lyubenov, PhD

Department of Transport,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Phone: (+359) 082 888 605

E-mail: dliubenov@uni-ruse.bg

Abstract: *In the traditional road safety paradigm, it is accepted that, when one of the main connections of the characteristics in the system “Driver-Vehicle-Infrastructure” is violated, we can expect severe negative consequences. The most common reason for road crashes and accidents in Bulgaria is considered to be driver’s mistake. Irrespective of the world-wide advances in vehicular safety systems, plus local improvement of the driver training and increased police control, the country is leading the European road trauma statistics. However, the responsible road authorities refuse to acknowledge the major deficiencies in the maintenance of the existing network and the non-conformances accompanying the construction of the new infrastructure.*

Keywords: *Traditional Road Safety paradigm, “Driver-Vehicle-Infrastructure”, Road Traffic Injuries, new road safety concepts.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Основната цел на пътната инфраструктура е да предоставя безопасна мобилност на всички участници в движението. Това изисква пътищата да бъдат проектирани, построени и подържани така, че да бъдат безопасни и удобни, като ефективно да бъдат превозвани пътници и товари по тях.

Традиционно погледнато мобилността и безопасността са били винаги в конфликт при управлението на пътната инфраструктура и винаги са били изкуствено разделяни и разглеждани поотделно. В резултат на това се достига до пропуснати ползи и функционална неефективност. В действителност тези две понятия са взаимосвързани. Мобилността и безопасността са двете страни на една и съща монета. Разбирайки тази основна зависимост, в края на XX век транспортните инженери въвеждат понятието „безопасна мобилност“, което бива бързо възприето и което е довело до различни промени.

Въпреки постоянното осъвременяване на законовата рамка, заедно със стандартите за обучение, завишения контрол, постиженията на автомобилната индустрия в областта на пасивната и активната автомобилна безопасност България е водеща в Европейската класация по пътнотранспортен травматизъм с неприемливо високо ниво [Lyubenov, D., 2021]. Проблемът се крие в това, че съвременните концепции за пътна безопасност не се познават задълбочено, което води до практическа неспособност за ефективното им приложение.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Най-често посочваната причина за пътнотранспортните произшествия в Република България е „По вина на водача“. Въпроси, свързани с различни пропуски в изграждането,

² Докладът е представен на студентската научна сесия на 19 Май 2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: Съвременни концепции за пътна безопасност.

обезопасяването и поддържането на пътната инфраструктура не се разглеждат в достатъчна степен (фиг. 1, 2 и 3).



Гр. Плевен – 2018



Гр. София – 2018

Фиг. 1. Снимки на участъци от пътна инфраструктура в България.



Фиг. 2. Град Варна, бул. Васил Левски, 2020г.



Фиг. 3. Град Варна, Аспарухов мост, 2021 г.

Практически, отговорността за безопасността на пътя се прехвърля върху водачите. Това показва, че административните органи все още оперират в парадигмата на традиционно възприетата пътна безопасност, за която е характерен модела

„Водач – Автомобил – Път“

и огледалният принцип

„Изгради пътя – Образовай водача – Наложил правилата“,

въпреки споменаването на „Визия 0“ в редица български нормативни документи.

Специалистите, които се занимават с демография предричат ръст на световното население с 2,5 милиарда човека до 2050 година, по-голямата част, от което ще живее в градски условия. Тази предстояща нова реалност ще се крепи на устойчива транспортна система, която не би могла да бъде обезпечена от традиционната пътна безопасност (ТПБ),

защото традиционната система на пътната безопасност се осланя силно върху принципа на регулирането. Това определя, че тази система е реактивна:

„събитие – входна информация – обработване – реакция“.

В този случай системата не разчита на качествена обратна връзка от потребителите на инфраструктурата, а нуждата за мобилност е с второстепенно значение. За да бъде осъзнато това трябва да разгледаме прогресивното развитие в модела на управление на пътната безопасност [Burlacu Florentina, 2014]:

Фаза 1: През 1950-1960 г. разбиранията за пътната безопасност са се свеждали до принципа „жертвата е виновна“. Управлението на пътната безопасност през този период се характеризира с разпръснати и неkoordinирани администратори, изпълняващи единични изолирани функции със слабо документиран работни методологии.

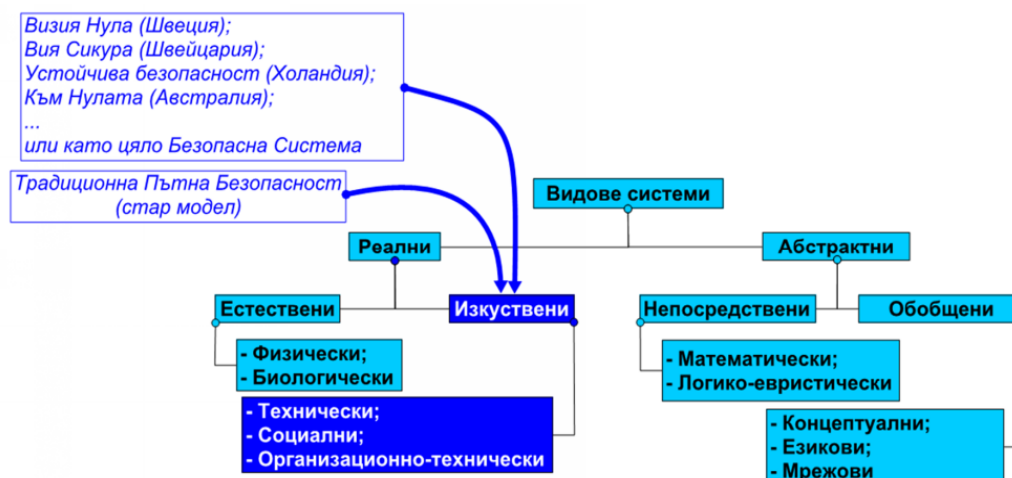
Фаза 2: Мисленето и практиката през 60-те и 70-те години се трансформира и фокусира върху връзките в системата „водач – автомобил – път“ (преди, по време и след инцидента), без да се определят отговорностите на администраторите управляващи инфраструктурата.

Фаза 3: През 80-те и 90-те години настъпва нова трансформация и реструктуриране, поставят се ясни цели, създава се институционална база и се създават първите планове и програми за действие, които водят до значително намаляване на ПТП.

Фаза 4: От 1990 г. мисленето и практиката е насочено към развиване на цялостни подходи (сега известни като "Безопасна Система") за намаляване на травматизма и запазване на надеждното развитие на транспорта.

Четвърта фаза става факт през 1991 година с представянето на визия за устойчива безопасност от Холандския Институт за Изследване на Пътната Безопасност (Institute for Road Safety Research – SWOV). Първата програма започва 7 години по-късно (1998 г.), след като модела „Устойчива безопасност“ получава политическа подкрепа. Всъщност той бива приет една година по-късно след ратифицирането на модела „Визия Нула“ през 1997 година от Шведския парламент, при което следва каскадно приемане на този модел от други правителства.

Двата модела „Визия Нула“ и „Устойчива безопасност“ са в основата на световно приетата концепция „Безопасна Система“. Това е изкуствена система (фиг. 4), която разпознава психологическите и физиологическите ограничения на човека, като участник в пътното движение.



Фиг. 4. Класификация на видовете системи за управление на пътната безопасност.

Това което причинява тежките ПТП с жертви е пътната среда и превозното средство в комбинация с човешкия фактор. Следователно, когато пътната среда и състоянието на

автомобила го позволяват, човешкият фактор може да доведе до тежко пътнотранспортно произшествие [Johansson, R., 2009]. В следствие на това, крайната отговорност се поставя върху проектантите и стопаните на пътя, с цел транспортната система да бъде приспособена към човешките ограничения. Този подход се явява резултат от разбирането, че хората правят грешки. А от етична гледна точка за тези грешки не би следвало да се заплаща с тежки травми или човешки живот [Tingvall, C., & Haworth, N., 1999; Austroads AGTM13-20].

Пътните произшествия са резултат от верига събития, които са сложни и включват взаимодействието на няколко фактора в средата на движение, които са разпределени във времето. Следователно те като многофакторни събития отразяват неизправност в системата на пътното движение – провал на идеалното взаимодействие между основните компоненти на системата „водач – автомобил – пътната среда“. „Безопасна Система“ разглежда приноса на водача за настъпили ТПП (фиг. 5) по отношение на други системни провали, като причините попадат в следните категории [Austroads AGTM13-20]:

- екстремно поведение;
- незаконно поведение;
- системни провали – често срещани грешки или неправилни избори.



Фиг. 5. Наблюденията на „Безопасна Система“ от Австралия върху човешките фактори в пътната безопасност (Austroads 2020).

От графиката ясно се вижда, че дела на провалите в самата система са повече от три четвърти, докато делът на незаконното и екстремното поведение на водачите е сравнително минимален.

Като контраст на Австралия (фиг. 5) в България, Министерство на Вътрешните Работи посочва в доклад [<https://www.mvr.bg>], че приблизително 100% настъпилите ТПП са в следствие на нарушения на водача, или:

- 97% (772 от 794) до Февруари 2022 г., при които са загиналите 93% от всички загинали и ранените са 98% от всички ранени (табл. 1);
- 98% (679 от 694) за същия период на 2021 г., при които са загиналите 98% от всички загинали и ранените са 98% от всички ранени (табл. 1);
- 98% (5945 от общо 6080 ТПП) за цялата 2021 г.

До Февруари 2022 г. са настъпили само 2 ТПП (с 2 ранени и без загинали), които са класифицирани по най-вероятна причина „Пътни условия“. По най-вероятна причина *Пътни условия* през 2021 г. са настъпили 10 ТПП с 12 ранени, няма загинали по тази причина. По най-вероятна причина „Техническа неизправност на ППС“ през 2021 г. са настъпили 5 ТПП със 7 ранени, няма загинали по тази причина [<https://www.mvr.bg>].

Таблица 1. Най-вероятна причина за ТПП

Период до февруари	Най-вероятна причина за ТПТП: Нарушение на водач					
	ТПТП	% от общия брой за периода	Загинали	% от общия брой за периода	Ранени	% от общия брой за периода
2022 г.	772	97 от 794	56	93 от 60	963	98 от 98 ²
2021 г.	679	98 от 694	51	98 от 52	848	98 от 86 ²
Разлики 2022 г. – 2021 г.	+93		+5		+115	

За да бъде постигнато намаляване на травматизма са необходими знания за човешкото поведение, способности, ограничения и нужди. Те трябва да са насочени към проектиране на безопасна, удобна и ефективна среда [Sanders, MS & McCormick, 1993] и в синхрон с обществените очаквания към пътната безопасност. В тематичната литература те са добре документирани и категоризирани [Austroads AP-R272/05]:

- безопасна мобилност;
- меродавни ограничения на скоростта за оптимизиран транспорт;
- реалистични граници на контрол (скорост, съоръжения, достъпност и др.);
- липса на административна подкрепа за нарушителите на пътя.

„Безопасна Система“ не отрича традиционната пътна безопасност. Както се вижда от фиг. 4 и двете системи са класифицирани като изкуствени системи. Те са създадени и подвластни на човешката воля. Разликата между тях е в приложените управленски принципи и подходи, като в табл. 2 са описани сравнителните им характеристики [Austroads AP-R560-18].

Таблица 2. Сравнителни характеристики на Визия 0 и ТПБ, източник: Austroads 2018a.

Мироглед	Традиционната ПБ	Безопасна Система
Какъв е проблемът?	Пътни инциденти и материални щети.	Тежки наранявания и смъртност.
Какви са причините?	Нарушения на водача: превишена скорост, маневри, невнимание и др.	Системни повреди.
Кому принадлежи отговорността за решаване на проблема?	Индивидуална, на участниците в движението.	Проектанти и стопани на инфраструктурната система.
Какъв е основният способ за решаване на проблема?	Постепенно отстраняване на опасните участъци „черните точки“.	Системен подход за изграждане на безопасна среда и намаляване на опасностите.
Каква е целта?	Намален брой смъртни случаи и тежки наранявания въз основа на конкурентни цели.	Стремеж към пълно отстраняване на тежките наранявания и смъртността.
Какъв е компромисът?	Баланс между мобилност и безопасност.	Устойчиво повишаване на безопасната мобилност.
Какви са действията за решаване на проблема?	Действия за подобрявания в рамките на отделни направления (пътища, скорости, автомобили, участници).	Действия за оптимизирани решения във всички направления (пътища, скорости, автомобили, участници).
Как се управлява риска от провал в системата?	Избягване на юридическа отговорност и отклонение на риска.	Оценка на риска, иновации, експерименти и демонстрации.
В какво направление се развива транспортната мрежа?	Оптимизиране на мрежата за МПС. Обвързаност със съществуваща история на ПТП. Разбиране на причините и вероятността за ПТП.	Оптимизиране на мрежата за всички участници в движението. Анализ на риска въз основа на: атрибутите на пътната мрежа; данни от ПТП; разбиране на динамиката и причинно следствените връзки на катастрофите.

При съвременния модел, установяването и отстраняването на дефицити е проактивно, като своевременното обезопасяване на елементите от пътната среда, които биха довели до пътни инциденти или биха утежнили последиците от тях е основополагащо. „Безопасна

система“ се прилага в своята цялостност за всеки елемент от транспортната мрежа [OECD/ECMT]:

1. Предоставяне на безопасна пътна среда.
2. Окуражаване на безопасно и отговорно поведение на участниците в движението.
3. Избиране на безопасни скорости.
4. Безопасни превозни средства.
5. Медицинска помощ и грижи след ПТП.

ИЗВОДИ

За 2021 година 98% от тежките пътнотранспортни произшествия са настъпили по вина на водача. По най-вероятна причина „Пътни условия“ са настъпили 0,16%, по причина „Техническа неизправност на ППС“ – 0,08%.

Представена е класификация на видовете системи за управление на пътната безопасност.

Разгледани са различни концепции на пътна безопасност. Направено е сравнение на въпроси от традиционната пътна безопасност с такива на примера на други държави.

„Безопасна система“ приема и надгражда аксиомите на традиционната пътна безопасност, като подготвя пътните администрации да предоставят безопасно и ефективно пътуване на потребителите.

REFERENCES

- [1] Monash University (2003). Traffic engineering and management, 2 vols, Monash University, Institute for Transport Studies, Clayton, Vic.
- [2] Lyubenov, D. (2021). Application of a Different Pedestrian Impact Models to the Determination of Impact Speed. Proceedings of University of Ruse, Volume 60, Book 4.2, p. 54-58.
- [3] Burlacu Florentina (2014). Influence of road characteristics on road safety, Bucuresti.
- [4] Johansson, R. (2009). Vision Zero - Implementing a policy for traffic safety. Safety Science, 47, 826-831.
- [5] Tingvall, C., & Haworth, N. (1999). An Ethical Approach to Safety and Mobility. Paper presented at the 6th ITE International Conference Road Safety and Traffic Enforcement. 6-7 September 1999, Melbourne, Australia.
- [6] Austroads AGTM13-20 – Guide to Traffic Management Part 13: Safe System Approach to Transport Management.
- [7] <https://www.mvr.bg>. Травматизъм при пътнотранспортни произшествия, 2021 и 2022г.
- [8] Sanders, MS & McCormick, EJ 1993, Human factors in engineering and design, 7th edn, McGraw Hill, New York, USA.
- [9] Austroads AP-R272/05 – Balance between Harm Reduction and Mobility in Setting Speed Limits: A Feasibility Study.
- [10] Austroads Research Report AP-R560-18 – Towards Safe System Infrastructure, A Compendium of Current Knowledge.
- [11] OECD/ECMT Transport Research Centre. Speed Management Report, Paris 2006.

ROAD SAFETY AND FATIGUE MANAGEMENT³

Eng. Metodiy Steliyanov, PhD Student

Department of Transport,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: (+359) 0876 308 849
E-mail: metodiy@abv.bg

Assoc. Prof. Daniel Lyubenov, PhD

Department of Transport,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: (+359) 082 888 605
E-mail: dliubenov@uni-ruse.bg

Abstract: *Fatigue is indisputably perceived as a danger in all industries. Nowadays the research is focused on comprehensive examination of the factors that contribute to the development of such conditions in the human body and mind. It is recognised that this type of exhaustion can be physical, mental and emotional and any of those states can lead to hazardous situations for the person under its influence and the people around him/her. Many industries claim that they have successful fatigue management system in place. On the road, the management of some major road safety issues are consistently observed to be successful. But uncertain fatigue management results are still being reported worldwide. Studies have testified that up to 40% of the crashes are result of driver fatigue. Where in Bulgaria over 95% of the crashes are officially stated to be due to the driver violations, but the country has substandard infrastructure with minimal accompanying rest areas and statistics which does not capture the fatigue as one of the critical reasons for road accidents.*

Keywords: *Fatigue, Road Traffic Injuries, fatigue management, human factors, road accidents, drowsiness.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Традиционно погледнато класифицирането на пътнотранспортните произшествия се базира на конкретните действия довели до инцидента или злополуката, които са предприети от предполагаемия виновен участник в движението (водач, пешеходец или велосипедист). В България около 98% от ПТП биват въведени в базата данни по най-вероятна причина „Нарушение на водача“. Едни от най-честите причини са неправилни маневри, несъобразена скорост, отнемане на предимство, не спиране на знак „СТОП“, неспазване на дистанция; управляване на МПС след употреба на алкохол, наркотични вещества или техни аналози. Това класифициране не взема под внимание един от критичните човешки фактори – умората.

Този доклад представя международния миоглед, относно прилагането на превантивни мерки за управление на умората и анализира тяхното практическо приложение при управлението на транспортната инфраструктура и пътна безопасност в България.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследвания, правени още през 1993 година и 1995 година в САЩ посочват, че влиянието на умората върху пътнотранспортния травматизъм варира от 10% до 40% [Shafer JH, 1993; Dinges, D.F., 1995)]. През 2002 година в Нова Зеландия се докладва повишена долна граница от 15% на ПТП в следствие на умора и понижено ниво на горната граница до 25% (Lyubenov, D. 2021). През 2011 година Австралийският транспортен съвет (Australian Transport Council 2011) потвърждава ПТП нива в следствие на умора на водача от 20% до 30%, които са идентични с нивата на ПТП причинени от водачи след употреба на алкохол Australian Transport Council (2011). Умореният водач, както и водачът с повишена

³ Докладът е представен на студентската научна сесия на 19 Май 2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: Безопасността на движението по пътища и управлението на умората.

концентрация на алкохол в кръвта имат относителни прилики в действията си при управлението на МПС (фиг. 1).



Фиг. 1. Процес на вземане на решение

Умората влияе на безопасното управление на МПС, като поражда сънливост, с което се нарушава вниманието, забавя се мисловния процес, разсъдъкът губи здравата си основа, в резултат на което извършваните действия могат да доведат до ПТП. Следователно без значение колко опитен е водачът, той не е имунизиран срещу високия риск от тежко пътно транспортно произшествие в следствие на заспиване или микро дрямка (Adeoye, P.O., 2014; Kim, D., 2018).

Умората е състояние на психическо или физическо изтощение, което може да бъде в резултат на физическо натоварване, умствено натоварване, недостатъчен или некачествен сън и др. Тя може да бъде категоризирана (Workplace Health and Safety Queensland, 2020) като физическа, познавателна (когнитивна) и емоционална (табл. 2), като нейните причини може да са трудови или лични (табл. 3).

Таблица 2. Категории и признаци на умора

Емоционална	Познавателна	Физическа
Липса на енергия	Разсеяност	Прозияване
Намалена мотивация	Трудно концентриране	Повишено мигане
Намалена търпимост	Затруднено запомняне	Тежки клепачи
Нарушения в настроението	Дезорганизация	Замъглено зрение
Раздразнителност	Пропуски в комуникацията	Увиснала глава и рамене
По-тих от обикновено	Липса ситуационна осъзнатост	Забавена реакция
Студено или отеглено поведение	Допускане на грешки и пропуски	Нарушена координация
		Главоболие
		Мускулни спазми

Част от тези признаци могат да бъдат породени от стимули различни от умора, което поражда нужда от допълнително уточняване, което е предмет на други научни области. Начинът по който умората е измервана и описвана в изследвания, свързани с автомобилния транспорт е непоследователен (Phillips, R. O. 2015), което поражда нужда от стандартизация.

Таблица 3. Причини за умора

Трудови причини	Лични причини
Обем на отработеното време	Възраст и медицинско състояние
Час през денонощието за изпълнението на задачата	Диета, упражнение и общо здраве
Пътуване до работното място	Алкохол и наркотици
Възстановителен период между смените	Семеен и социален живот
Изисквания на работните задачи (сложност,	Вторична заетост и доброволен труд

натовареност, времево напрежение и т.н.)	Избор на начин на живот
Дължина на командировката	Качество и количество на съня
Дължина на отделната смяна	Час от деня, в който настъпва съня
Стимули за плащане	Фактори на околната среда, влияещи на съня (шум, топлина, светлина)
Организационна култура	
Настаняване	
Вид работа (физическа/когнитивна/емоционална)	
Стрес от околната среда по време на работа (например светлина, шум, климат, вибрации)	

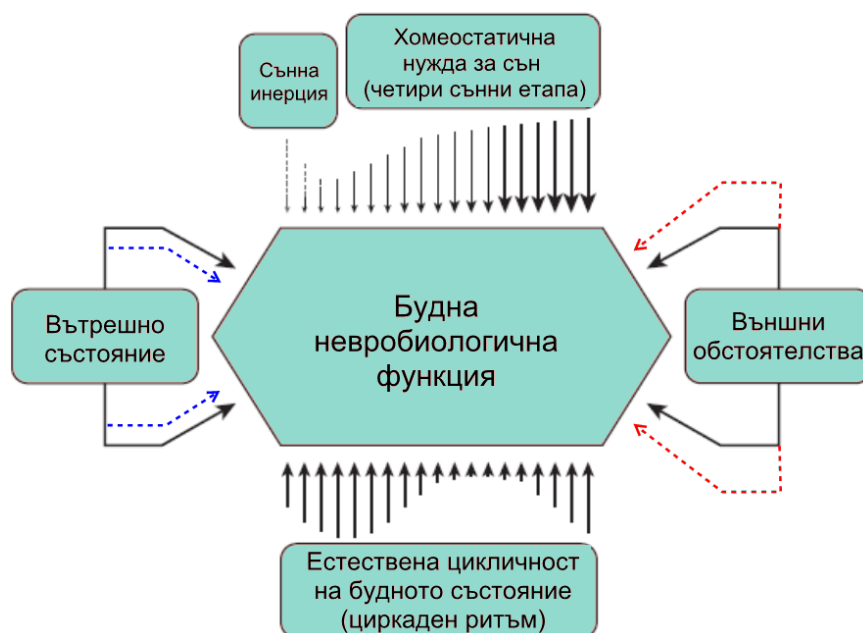
От гледна точка на административния пътен контрол на пътната безопасност, регистрирането на умората е с по-висока степен на сложност в сравнение с регистрирането на употребата на алкохол, наркотични вещества или техни аналози. За идентифициране на последните съществува ясна законова рамка, методи и средства за отчитане на наличността и концентрацията им в човешкото тяло. Докато за откриването на умората съществува ограничена наличност на научно потвърдени и финансово достъпни технологии. Като в повечето случай устройствата не са законово признати и стандартизирани (Thomas, M.J.W. 2021), което прави превантивният контрол и регистрация силно ограничени, а от там последващият експертен анализ – невъзможен.

Дадено ПТП може да се впише като "свързано с умора", ако по време на предварителното разследване е:

- предоставена информация от свидетел на събитието;
- налични обективни доказателства, по които може да се предположи загуба на концентрация, а според часа от денонощието и пропътуваното разстояние - вероятност за умора;
- по преценка на полицейското длъжностно лице при условие, че водачът прояви поведение, което да издаде или сигнализира някаква форма на изтощение.

В последният случай полицаят преценява водачът и го определя като сънлив, уморен или заспал. Това е трудно и рядко явление предвид повишените нива на адреналин в кръвта след инцидент и други субективни фактори.

Концептуално факторите, влияещи на влошаването на невроповеденческото функциониране (табл. 2 и 3) в следствие на умора на водача (както и на отделните индивиди) се представя чрез диаграмата на Габехарт и Ван Донген (фиг. 2). Тя ясно показва, че човешкият фактор се влияе както от биологичният ритъм и индивидуалното вътрешно състояние на водача, така и от външните обстоятелства (Gabehart, R. J., & Van Dongen, H.P.A., 2017).



Фиг. 2. Диаграма на Габехарт и Ван Донген

Изводите на повечето международни проучвания за намаляване на ПТП в следствие на умора са "избягване на управлението на МПС" (Fletcher, A. 2005) и възстановителен сън (Van Dongen HP 2003 и Folkard S. 1992), т.е. авторите, като цяло са фокусирани върху взаимовръзките между циркадния ритъм и хомеостатичната нужда за сън. В тази връзка са и разработени повечето мерки за противодействие при умора:

- кампании за повишаване на обществената осведоменост;
- правни подходи;
- бордови автомобилни технологии.

Като цяло контролирането на биологичният ритъм и вътрешното състояние е задължение на водача, а ако е необходимо може да бъде оказана професионална помощ от психолог.

Външните обстоятелства и в частност състоянието на инфраструктурата се контролират от държавните администрации. Основната цел е да се осигури повишена ефективност на автомобилния транспорт, за което геометрията на пътя трябва да осигури условия за оптимално използване на динамичните качества на автомобилите и подобрена пътна безопасност (Наредба № РД-02-20-2). Пространственото развитие на пътя не трябва да предизвиква психическо натоварване и умора на водачите. Следователно е необходимо да се улесни зрителното възприятие и ориентация на водачите като се поддържа в изправност маркировката и сигнализацията, или се надгради с цел повишаване на четливостта на елементите на пътя (фиг. 3).



Фиг. 3. Противодействие на умора при управление – маркировка с добри светлоотразителни характеристики, повдигнати маркери (RPM), термопластична аудио тактилна маркировка (ATLM) и вертикални стълбчета. Снимков материал – Южна Австралия, Куйнсланд и Западна Австралия.

На фиг. 3 се вижда прогреса в планирането на пространственото ориентиране и неговото грижливо изпълнение. То допринася за комфортното пътуване през деня и за безопасното пътуване в лоши метеорологични условия, по време на разсъмване, смрачаване, и през нощта (Sotirov, D. 1983). Важно е да се посочи, че към оптичните водещи средства се включват и други елементи от пътя – вертикална сигнализация, предпазни прегради, контрастиращи настилки и банкети, вертикални стълбчета, бордюри и др. Но от всички тях хоризонталната маркировка има най-силен канализиращ ефект през нощта при извън градски пътувания (Sun X and Tekell D 2005). Тя служи преди всичко като оптично водещо средство, което концентрира вниманието на водачите, регулира движението и дава обратна връзка на водача за положението на автомобила върху пътното платно.

Когато водещите оптични средства са неизправни, противоречиви, закрити или липсват, водачът е принуден да тълкува ситуацията според ограничените си психофизически възможности и конкретно състояние (умора, разсейване и др.), което е предпоставка за настъпване на ПТП.

На фиг. 4 са представени примери за съществени пропуски по пътната инфраструктура в България.



Фиг. 4. Примери за пропуски по пътната инфраструктура в България

Регистрираните дефицити са свързани с липсваща маркировка, закрит водещ ръб, закрита и неизправна вертикална сигнализация, необозначени и небезопасни опасни участъци и др. Тези и подобни пътни обстоятелства въздействат на водача негативно, като допълнително го натоварват и пораждат умора при управление в тъмната част на денонощието. Това състояние е описано в медицинските проучвания, изследващи умората в очите (Yamada Y, Kobayashi M. (2018). Там се посочват следните фактори, които пораждат напрежение в очите:

- управление или извършване на други дейности, включващи разширен фокус;
- излагане на ярка светлина или отблясъци;
- фокусиране върху детайли при много слаба светлина;
- излагане на сух движещ се въздух от вентилатор, отоплителна или климатична система.

При продължително пътуване натрупаната умора в очите се трансформира в психична умора, а тя играе важна роля при познавателните (когнитивните) процеси, особено при по-възрастните водачи.

ИЗВОДИ

Установено е, че в различни държави влиянието на умората върху пътнотранспортния травматизъм варира от 10% до 40%.

Представени са категории, причини и признаци на умората, влияещи на водачите по време на управление на МПС и факторите, влияещи на невроповеденческото функциониране в следствие на умора на водача чрез диаграмата на Габехарт и Ван Донген.

Представени са добри примери на противодействие на умората, свързани с пътната инфраструктура от Южна Австралия, Куйнсланд и Западна Австралия.

Влиянието на нивото на умора на водачите върху безопасността на движението е изследван въпрос в други държави. Необходими са действия от отговорните институции по отчитане на влиянието на този фактор върху пътната безопасност в България.

REFERENCES

- Lyubenov, D. (2021). *Application of a Different Pedestrian Impact Models to the Determination of Impact Speed*. Proceedings of University of Ruse, Volume 60, Book 4.2, p. 54-58.
- Shafer JH. (1993). *The decline of fatigue related accidents on the NYS Freeway. Proceedings of the Highway Safety Forum on Fatigue, Sleep Disorders and Traffic Safety*. New York, 1993. p. 85-8.
- Dinges, D. F. (1995). *An Overview of Sleepiness and Accidents*. Journal of Sleep Research, 2 (supplement), 4-14.
- Connor, J., Norton, R., Ameratuanga, S., Robinson, E., Civil, I., Dunn, R., Bailey, J. & Jackson, R. (2002). *Driver sleepiness and risk of serious injury to car occupants: a population based case control study*. BMJ, bmj.com 324:1125.
- Australian Transport Council (2011). *National Road Safety Strategy 2011–2020*. Canberra, Australia: Australian Transport Council.
- Australian Transport Council (2011). *Road safety statistical summary, August 2011*.
- Adeoye, P. O., Kadri, D. M., Bello, J. O., Ofoegbu, C. K. P., Abdur-Rahman, O., Adekanye, A. O., & Solagberu, B. A. (2014). *Host, Vehicular and environmental factors responsible for road traffic crashes in a nigerian city: Identifiable issues for road traffic injury control*. Pan African Medical Journal, 19, Article 159.
- Kim, D., Shin, D. S., Lee, S. C., Chang, H. J., Hwangbo, Y., You, S., Jang, T., & Yang, K. I. (2018). *Sleep status and the risk factor of drowsy-related accidents in commercial motor vehicle drivers*. Sleep Medicine Research, 9(2), 97-103.
- Workplace Health and Safety Queensland (2020). *Preventing and managing fatigue-related risk in the workplace*.
- Phillips, R. O. (2015). *A review of definitions of fatigue – And a step towards a whole definition*. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 29, 48-56.
- Thomas, M.J.W., Gupta, C. C., Sprajcer, M., Demasi, D., Sach, E., Roach, G., Sargent, C., Dawson, D., Ferguson, S.A. (2021). *Fatigue and driving: An international review*. Appleton Institute - Central Queensland University, Adelaide, Australia.
- Gabehart, R. J., & Van Dongen, H. P. A. (2017). Chapter 37 - *Circadian Rhythms in Sleepiness, Alertness, and Performance*. In M. Kryger, T. Roth, & W. C. Dement (Eds.), Principles and Practice of Sleep Medicine (Sixth Edition) (pp. 388-395.e385).
- Fletcher, A., McCulloch, K., Baulk, S.D. and Dawson, D. (2005). *Countermeasures to driver fatigue: a review of public awareness campaigns and legal approaches*. Centre for Sleep Research, University of South Australia.

Van Dongen HP, Maislin G, Mullington JM, Dinges DF. (2003). *The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation*. Sleep. 2003;26(2):117-26.

Folkard S, Åkerstedt A. A three process model of the regulation of alertness-sleepiness.

In: Broughton RJ, Ogilvie RD, editors (1992). *Sleep, Arousal and Performance: Problems and Promises*. Boston (MA): Birkhäuser; p.11-26.

Sotirov, D. (1983). *Road design*.

Sun X and Tekell D (2005). *Impact of edge lines on safety of rural two-lane highways*. Louisiana Department of Transportation and Development, Louisiana Transportation Research Center, Baton Rouge, Louisiana, USA.

Yamada Y, Kobayashi M. (2018). *Detecting mental fatigue from eye-tracking data gathered while watching video: Evaluation in younger and older adults*. Artif Intell Med. 2018 Sep; 91:39-48. doi: 10.1016/j.artmed.2018.06.005. Epub 2018 Jul 17. PMID: 30026049.

INVESTIGATION OF MECHANICAL COMPONENT CONTEMPORARY APPLICATIONS⁴

Gergana Mollova, PhD – Student

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359898724847
E-mail: gergana_mollova@yahoo.co.uk

Dimitar Bonev, PhD – Student

Department of Machine Science, Machine Elements and Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”
E-mail: mitko0802@abv.bg

Antoaneta Dobрева, PhD

Department of Machine Science, Machine Elements and Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: +359887746311
E-mail: adobreva@uni-ruse.bg

Abstract: The paper reviews some important and contemporary contributions of advanced scientists in the area of machine design theory. Significant scientific publications in the field of application of planetary and worm gear drives are considered. Design modifications and application of new worm gears that allow minimizing the clearance have been analysed. Scientific contributions of significant publications are indicated and discussed. They are to be used as fundamentals for original research of doctoral students at the University of Ruse. Special attention is dedicated to some modern applications of worm and planetary gears.

Keywords: Analysis of Mechanical Components, Worm and Planetary Gear drives, Contemporary applications

ВЪВЕДЕНИЕ

Задвижващите системи заемат особено важно място в областта на транспортната и машиностроителна техника. Правилното определяне на геометричните им характеристики, на кинематичните им параметри, на подходящите схеми на задвижването и на якостните и експлоатационни показатели до голяма степен определя функционалната годност и качеството на проектираните изделия. Необходимостта от постигане на възможно най-добър машинен дизайн в областта на задвижващите системи налага търсенето на утвърдени конструкции в областта на научната и фирмена литература и разработването на нови, творчески конструкции на тези изделия.

Направено е проучване за приложението на различни видове предавки и начините за повишаване на ефективността им. Анализирани са научни трудове и съвременни публикации, които представят съществени приноси в тази област.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЧЕРВЯЧНИ ПРЕДАВКИ В ЗАДВИЖВАЩИ СИСТЕМИ

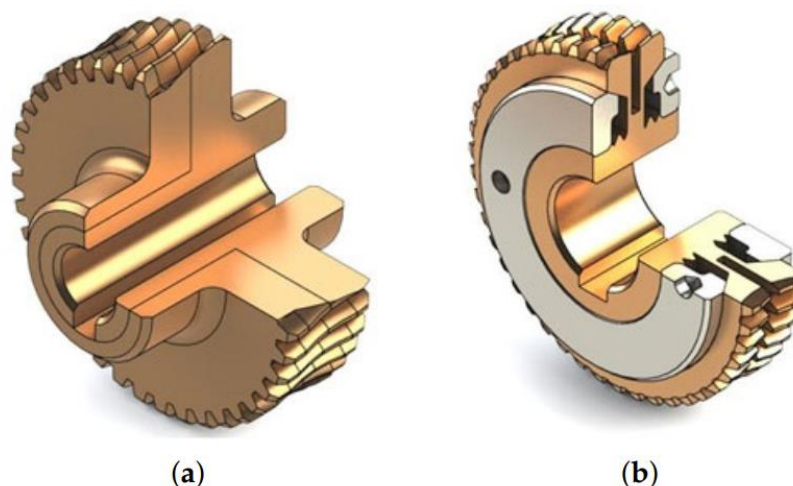
По отношение на своята компактност, червячните зъбни предавки, превъзхождат някои от другите видове задвижващи системи. Червячните редуктори могат да се инсталират в сравнително малко пространство и да осигуряват високо предавателно отношение.

⁴Докладът е представен на студентската научна сесия на ТФ 2022 в секция „Транспорт и машинознание“ с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА МЕХАНИЧНИ КОМПОНЕНТИ

Когато тези задвижвания са правилно монтирани и с добри трибологични параметри, червячните предавки работят гладко и безшумно. Този вид предавки са уникални по своята конструкция, което ги прави подходящи за различни приложения в индустрията и транспорта.

В (Kacalak, W. et al., 2021) се представят интересни модификации на червячни предавки. Специално внимание на проектирането и приложението на нови конструкции червячни предавки, които позволяват да се минимизира хлабината. Авторите твърдят, че този вид предавки се характеризират с по-добро качество на кинематичните параметри.

Интересно предложение представляват червячните задвижвания с минимална хлабина, които са базирани на следните модифиции: симетрично разделени червячни колела (Фиг. 1a) и червячни колела с периферна модификация (Фиг. 1b).



Фиг. 1. Модифицирани червячни колела: (a) Симетрично сдвоено червячно колело, (b) Червячно колело с периферна модификация, (Kacalak, W. et al., 2021)

В статията е представена иновативна методика за проектиране и оптимизиране на червячни зъбни колела, позволяващи минимизиране на хлабината в зоната на зацепване и повишаване на кинематичната точност. Авторите правят необходимия компромис между минимизирането на хлабината и намаляването на аксиалната деформация в зоната на зацепване.

Интересни методи за повишаване ефективността на червячната предавка са разгледани в статията на (Melnikov, P. & Schegoleva, S., 2019). Авторите описват геометричните характеристики на предавка с червячно колело от пластмаса и теоретичната основа за изчисляване на ефективността на това задвижване.

В статията на (Magyar, B. & Sauer, B., 2014) е представен добре обоснован научен метод на изчисляване на коефициента на полезно действие на червячни задвижвания. Авторите на изследването доказат убедително ефективността на предложения метод. В (Mautner, E. et al., 2015) са представени особено значими експериментални изследвания на големи червячни редуктори, очертани са границите на тяхната товароносимост и коефициент на полезно действие.

В някои стандарти, във фирмена литература и каталози е обобщена съществена информация относно коефициента на полезно действие на червячни задвижвания. Подобен обобщен анализ е представен сравнително изчерпателно от авторите (Dereyne, S., Defreyne, P., Algoet, E., Derammelaere, S. & Stockman, K., 2016).

Подробен сравнителен анализ на изчислителни методи в областта на червячни предавки, използвани в съвременни технически приложения, е извършен в следните публикации на част от авторския колектив, в които са анализирани и цитирани значителни достижения на голям брой научни публикации на известни учени в разглежданата област:

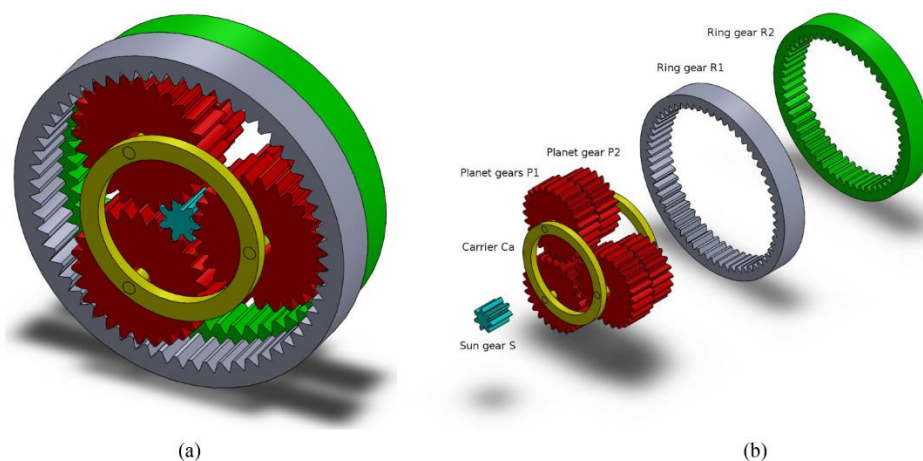
(Mollova, G., 2020), (Dobreva, A., 2013), (Dobreva, A. & Dobrev, V., 1993, 2018). Теоретичните изследвания в изброените публикации представляват основа за оригинални изследвания на докторантите към Русенския университет.

Част от анализирани методи са усъвършенствани, подобрени и представени в следните материали на част от авторския колектив: (Dobreva, A., Dobrev, V. & Mollova, G., 2021), (Mollova, G. & Dobrev, V., 2021), (Stoyanov, S. & Dobreva, A., 2021), (Dobreva, A. & Pavlov, P., 2021).

В тези публикации са посочени възможни решения за увеличаване на коефициента на полезно действие на червячни предавки и за подобряване на товароносимостта им.

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ПЛАНЕТНИ ПРЕДАВКИ В ЗАДВИЖВАЩИ СИСТЕМИ

В статията на (Matsuki, H. & Nagano, K., 2019) се предлага метод, който осигурява максимална ефективност на предаване на мощност при 3К планетен редуктор. Авторите твърдят, че предложеното решение има следните основни предимства: компактната структура и голямо предавателно число. Това увеличаване на коефициента на полезно действие намалява с увеличаването на предавателното число.



Фиг. 2. Модел на комбинирана планетна предавка от типа 3К, (Matsuki, H. & Nagano, K., 2019)

В проучването се твърди, че се предлага метод, който осигурява максимални мощности и коефициенти на полезно действие. Описаната 3К планетна предавка е показана на Фиг. 2, (Matsuki, H. & Nagano, K., 2019).

Някои резултати, свързани с динамичното поведение на планетни зъбни колела, са представяни в публикации на част от авторския екип, (Dobrev, V., Stoyanov, S. & Dobreva, A., 2015, 2016, 2017). На базата на представените теоретични модели са осъществени симулационни експерименти. С цел правилно оразмеряване на зъбния профил на зацепването в планетната зъбна предавка по отношение на критерия минимални вибрации, се препоръчва получените хоризонтални и вертикални отклонения на оста на централното зъбно колело да бъдат ограничени.

ИЗВОДИ

На основата на извършеното теоретично проучване може да се направи следния извод:

Разгледани са значими научни публикации в областта на приложението на планетни и червячни предавки. Специално внимание е отделено на проектирането и приложението на нови конструкции червячни предавки, които позволяват да се минимизира хлабината.

Изброени са значими публикации, които представляват основа за оригинални изследвания на докторантите към Русенския университет. Изтъкнати са съществените приноси в тези публикации.

REFERENCES

- Dereyne, S., Defreyne, P., Algoet, E., Derammelaere, S. & Stockman, K. (2016). *Efficiency measurement campaign on gearboxes*, Report of Ghent University, Campus Kortrijk, Department of Industrial System and Product Design, Belgium, pp 1-11.
- Dobrev, V., Stoyanov, S. & Dobрева, A. (2015). *Design, Simulation and Modal Dynamics of Gears and Transmissions*. International Conference on Gears, Vol 3, (Munich), pp 695 – 707.
- Dobрева, A. (2013). *Theoretical Investigation of the Energy Efficiency of Planetary Gear Trains*. Mechanisms and Machine Science, No 13, pp 289-298.
- Dobрева, A. (2013). *Methods for Improving the Geometry Parameters and the Energy Efficiency of Gear Trains with Internal Meshing*. VDI – Berichte, No 2199.2, 1291 – 1302.
- Dobрева, A., Dobrev, V. & Mollova, G. (2021). *Research of Gear Drives*. International Congress of Automobile and Transport Engineering AITS2021, Chisinau, Moldova, accepted & submitted for publishing.
- Dobрева, A. & Dobrev, V. (2018). *Innovative Methodology for Decreasing Mechanical Losses in Vehicles*. Proceedings of the 4th International Congress of Automotive and Transport Engineering (AMMA 2018), Springer Verlag, pp 234 - 242.
- Dobрева, A. & Dobrev, V. (1993). *Improving the Tribological Characteristics of Heavy Loaded Gear Boxes*. Proceedings of the First Balkan Conference on Tribology “Balkantrib’93”, Volume 2.3, Sofia, pp 166-170.
- Dobрева, A. & Pavlov, P. (2021). *Energy Efficiency of Worm Gear Drives*. Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium, 2021, 32(1), pp. 110–116, DOI: 10.2507/32nd.daaam.proceedings.016.
- Matsuki, H. & Nagano, K. (2019): *Bilateral Drive Gear - A Highly Backdrivable Reduction Gearbox for Robotic*, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 24, No 6, pp 2661 -2673.
- Kacalak, W., Majewski, M., Budniak, Z. & Ponomarenkow, J. (2021): *Worm Gear Drives with Improved Kinematic Accuracy*. Materials 2021, 14, 7825. <https://doi.org/10.3390/ma14247825>, pp 1-19.
- Melnikov, P. & Svetlana Schegoleva, S. (2019): *Methods of increasing the efficiency of the worm gear*. MATEC Web of Conferences 298, https://doi.org/10.1051/mateconf/201929800001_ICMTMTE2019, pp 1-7.
- Magyar, B. & Sauer, B. (2014). *Calculation of the efficiency of worm gear drives*. 10.1533/9781782421955.15.
- Mautner, E., Sigmund, W., Stemplinger, J.-P & Stahl, K. (2015). *Efficiency of worm gearboxes*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. 230. 10.1177/0954406215602286.
- Mollova, G. (2020). *CAD systems applications developing gear drives*. Proceedings of University of Ruse, FRI-2.209-1-TMS-03, Vol 59 (4.1.), pp 23-27.
- Mollova, G. & Dobrev, V. (2021). *Design methodology for investigating worm gear transmissions with significant dimensions*. Proc. of University of Ruse, Vol 60, (4.1). pp 44 – 47.
- Stoyanov, S. & Dobрева, A. (2021). *Systems Analysis and Design of Gear Drives through Innovative Software Approach.*, ISMSIT 2021 - 5th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, Proceedings, pp. 366–370, DOI: 10.1109/ISMSIT52890.2021.9604575
- Stoyanov, S., Dobrev, V. & Dobрева, A. (2016). *Numerical Investigation of Planetary Gear Trains and Transmissions*. 5th Int. Conf. on Power Transmission BAPT (Ohrid) vol 1, pp 155-162.

Stoyanov, S., Dobrev, V. & Dobрева, A. (2017). *Finite Elements Contact Modelling of Planetary Gear Trains*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 252 (1), 012034, pp 1-8, doi:10.1088/1757-899X/252/1/012034.

ANALYSIS OF FUNDAMENTAL DESIGN PRINCIPLES⁵

Mariyana Karailieva – PhD Student

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”

Tel.: 088-950-4561

E-mail: mkarailieva@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Vasko Dobrev, PhD

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”

Phone: 082 888 492

E-mail: vdobrev@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper analyzes important aspects of the design process. The authors' team reviews specific features of some fundamental design principles. Special attention is dedicated to Product Design as a phase in the design process, in which the abstract matter is transferred to a specific design concept. The principles of unambiguity of power flow, simplicity of construction and reliability are generally applicable rules for all design activities and it is desirable to apply them during the whole process of product design. Applications of some fundamental design principles within the design products implemented by scientists at the University of Ruse have been analyzed.*

Keywords: Design Principles, Product Design, Design Theory Applications

ВЪВЕДЕНИЕ

Инженерното проектиране е изключително комплексна дейност, необходима за установяване и дефиниране на решения на проблеми, които не са били решавани досега или създаване на нови решения на известни проблеми.

Чрез инженерното конструиране се прилагат научни познания и се гарантира, че продуктът отговаря на нуждите на пазара, като същевременно става възможно реализирането на производство по най-подходящия метод.

Процесът на проектиране и конструиране на нов продукт включва решаването на творчески и инженерни проблеми от възлагането на заданието до производството на крайното изделие. Използват се различни методи, които могат да доведат до получаването на крайния продукт. Важен етап от конструкторския процес е „Продуктовият дизайн“. В рамките на тази фаза на проектиране, идеите получават необходимата материализация и съответно: структура, геометричен дизайн и принцип на работа.

Целта на продуктивния дизайн е създаването на ново изделие, което изпълнява основната си функция, произвежда се с разумна себестойност и притежави качествени и устойчиви във времето параметри.

Продуктивния дизайн е част от процеса на проектиране, започващ от принципното решение или от концепцията на потребителя за качествата на крайния продукт. Новото изделие се разработва в съответствие с инженерни и икономически критерии, при което последващото създаване на конструкторска документация прави производството възможно и ефективно (Pahl, G. & Beitz, W., 2007).

⁵ Докладът е представен на студентската научна сесия на факултет „Транспортен“ през 2022 в секция „Транспорт и Машинознание“ с оригинално заглавие на български език: АНАЛИЗ НА ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ НА ПРОЕКТИРАНЕТО.

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ НА ПРОЕКТИРАНЕТО

Анализирани са някои основни принципи на проектирането на етапа “продуктов дизайн” в съответствие с (Terefe, T., 2017). Според авторите, **първият и основен принцип** на проектирането е свързан с определяне на основната и на допълнителните функции. Прилагането на този принцип включва разделението на задачите на съответните модули и води до по-ефективно проектирането.

Осигурява се ясна преценка на възможностите, точно изчисляване на товарносимостта на отделните детайли и възли, което води до по-бързи и по-ефективни корекции, при необходимост. Разделянето на функциите се извършва на базата на някои установени критерии като качество, количество и характер на работата.

Втората група принципи е свързана с предаването на енергия, сили и моменти. Основни обекти в конструирането са натоварванията (сили, моменти) и необходимите, целесъобразни движения. При проектирането на ново изделие се разглеждат връзките между тези компоненти. При създаването на нова техническа система се установява наличието на преобразуване на енергия, на материали и/или на сигнали.

Един от трите основни принципи в тази група е постигане на възможно най-равномерно разпределение на силовия поток с използването на подходящи материали и геометрични форми, чрез което е възможно да се постигне равноразпределение в отделните детайли и модули. Този принцип е в известно противоречие с прилагането на принципа на използването на олекотени конструкции. Поради тази причина, конструкторът взема окончателните решения като отчита и икономическите обстоятелства (Ulrich, T.K. & Eppinger, S. D., 1995).

Вторият основен принцип от тази група е принципът на минималното съпротивление. Ако дадена сила или момент трябва да се предават от един детайл на друг с минимално възможна деформация, това трябва да става чрез установяване на зоната на минималното съпротивление. Този принцип води до минимален брой натоварени зони, минимални стойности на деформациите и гарантира минимално използване на материал (като обем и тегло).

Третият основен принцип в тази група е свързан с осигуряването на еднозначност на силовия поток. Конструкторът отчита действащите сили и моменти, стреми се да избягва отклонения на силовите потоци и резки промени в напречно сечение. По този начин се предотвратява неравномерното разпределение на натоварването и високата концентрация на напреженията.

Третата група принципи са свързани с осигуряването на безопасност и надеждност. Принципът за безопасност изисква всички компоненти и техните връзки да бъдат конструирани по такъв начин, че да позволяват работа без повреди или непредвидени ремонти през определен период от време. Принципът на устойчивост срещу откази гарантира, че в техническата система няма да настъпят сериозни негативни промени. Непреките мерки за безопасност включват използването на специални защитни системи и защитни устройства. Те се прилагат винаги, когато преките мерки за безопасност се оказват неадекватни (Pahl, G. & Beitz, W., 2007).

ПРИЛОЖЕНИЕТО НА ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ НА ПРОЕКТИРАНЕТО В АВТОРСКИ РАЗРАБОТКИ НА УЧЕНИ ОТ РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ

Проектиране на планетна зъбна предавка с вътрешно зацепване и оценката на основните параметри на зацепването на планетните колела е представено в (Dobreva, A. & S. Stoyanov, 2012). При това изследване се прилагат подходи и методи за комплексен анализ на геометрията на зъбното зацепване - определяне на допустимите и оптималните стойности на параметрите, при отчитане на различни групи критерии (принцип на възможно най-равномерно разпределен силов поток с използването на подходящи геометрични форми).

На по-късен етап, това изследване е допълнено с теоретично изследване за енергийната ефективност в (Dobreva, A., 2013), с прилагане на принципа на минималното съпротивление.

Проведени са и други изследвания с цел постигане на възможно най-равномерно разпределение на силовия поток при планетните предавки за превозни средства чрез компютърен честотен анализ в (Stoyanov, S. & Dobрева, A., 2010), (Dobrev, V., Stoyanov, S. & A. Dobрева, 2015) и (Stoyanov, S., Dobrev, V. & Dobрева, A., 2016, 2017).

Тежкотоварните камиони се произвеждат с определени технически характеристики съгласно номенклатурата на фирмите производители - брой предавки, минимална и максимална скорост и др. Някои потребители предявяват изискване за наличие на допълнителна предавка с цел намаляване на минималната скорост до 1,5 пъти.

Шведска компания, производител на редуктори за автомобилната промишленост, е поставила подобно изискване: предавателно отношение $i=1,5$; честота на въртене на задвижващия вал 500 min^{-1} ; максимален въртящ момент на задвижвания вал 14000 Nm ; трайност от 500 часа; междусосовото разстояние на зъбното зацепване да бъде $127,5 \text{ mm}$. Конструктивното решение на тази задача е разгледано в (Orzech K., Khoshaba, S. & Dobрева, A., 2009), при което са използвани принципите за еднозначност на силовия поток и възможно най-равномерно разпределение на натоварването.

ИЗВОДИ

На базата на извършеното теоретично изследване могат да бъдат направени следните изводи:

1. Продуктовият дизайн е фазата в процеса на проектиране, при която от абстрактното се преминава в конкретна конструкторска концепция. Това е етапът, на който се извършват поредица от анализи за определяне на геометричната форма и взаимодействието на съставните елементи с цел осигуряване на основната и допълнителните функции на системата. Правилата на еднозначност на силовия поток, на простота на конструкцията и на надеждност са общоприложими правила за всички конструкторски дейности и е желателно да се прилагат в цялата фаза на продуктивния дизайн.

2. Анализирани са основни принципи на конструиране, които представляват само част от известните принципи в областта на теорията на проектиране. Разгледано е приложението на някои от основните принципи на проектирането в авторски разработки на учени от Русенския университет.

REFERENCES

Dobrev, V., S. Stoyanov & Dobрева, A. (2015). *Design, Simulation and Modal Dynamics of Gears and Transmissions*. International Conference on Gears 2015, VDI-Bericht 2255, No 3, Munich, pp 695 – 707.

Dobрева, A. (2013). *Methods for Improving the Geometry Parameters and the Energy Efficiency of Gear Trains with Internal Meshing*. VDI – Berichte, 2013, No 2199.2, pp. 1291 – 1302.

Dobрева, A. (2013). *Theoretical Investigation of the Energy Efficiency of Planetary Gear Trains*. Mechanisms and Machine Science, No 13, pp 289-298.

Dobрева, A. & S. Stoyanov. (2012). *Optimization Research of Gear Trains with Internal Meshing*, University Publishing Centre, Ruse, 137 pages.

Orzech K., Khoshaba, S. & Dobрева, A. (2009). *Development and design of a twospeed transfer gearbox for a truck*. Proceedings of GENERAL MACHINE DESIGN 2009, Ruse, pp. 177 – 180.

Pahl, G. & Beitz, W. (2007). *Engineering Design. A Systematic Approach*. Springer, 751 pages.

Stoyanov, S., Dobrev, V. & Dobрева, A. (2016). *Numerical Investigation of Planetary Gear Trains and Transmissions*. 5th Int. Conf. on Power Transmission BAPT (Ohrid) vol 1, pp 155-162.

Stoyanov, S., Dobrev, V. & Dobрева, A. (2017). *Investigating Dynamic Behavior of Planetary Gear Trains through the Systematic Approach*. VDI Berichte, 2017, No 2, pp. 127 - 132.

Stoyanov, S., Dobrev, V. & Dobрева, A. (2017). *Finite Elements Contact Modelling of Planetary Gear Trains*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, 252 (1), 012034, pp 1-8, doi:10.1088/1757-899X/252/1/012034.

Stoyanov, S. & Dobрева, A. (2010). *Development, Design and Optimization of Planetary Gear Trains for Vehicles – Computer Aided Frequency Analysis of Planetary Gears*, VDI – Berichte 2108.2, International Conference on Gears in Munchen, Munich, Germany, VDI Verlag GmbH – Duesseldorf, pp. 1423 – 1426.

Terefe, T. (2017), *Review of Basic Principles of Embodiment Design*. Jimma Institute of Technology, pp 7 -27.

Ulrich, T.K. & Eppinger, S.D. (1995). *Product Design and Development*. McGraw-Hill, New York, 545 pages

DESIGN PROCESS MODELS AND APPLICATIONS ASPECTS⁶

António Alves – Student

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +351 915377897
E-mail: 1190407@isep.ipp.pt

Rita Amaral – Student

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +351 915053668
E-mail: 1191005@isep.ipp.pt

Assoc. Prof. Vasko Dobrev, PhD

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: +359887746311
E-mail: vdobrev@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper reviews some fundamental existing design process models. The publication includes an introduction, a comparative analysis of different theoretical models and some application examples using the models analysed. Some design elaborations implemented by the authors' teams are briefly described. The stages and models which have been used for these practical applications are indicated. The work presented is done within the scope of the course Independent Research Work, in the field of design and engineering.*

Keywords: *Design Process Models, Comparative Analysis, Application Aspects*

INTRODUCTION

Machine design theory is a very wide concept, and each individual who has perceived the design process has a personal understanding of it, leading to an extreme difficulty to actually define the term in a unanimous and consensual way according to the Master degree thesis of (Santos, R., 2014) at the Universidade de Lisboa. The area of design theory is developing simultaneously with the development of industry and art. Therefore, this relationship underlies the various definitions of this subject area. The understanding of the machine design topics becomes complex in view of the different definitions presented in the literature, especially in (Boni, C., Silva, K. & da Silva, J., 2014).

Defined as a process, the concept “design” corresponds to the planning of dynamic project actions. Defined as a result, the concept “design” corresponds to a “product-oriented semantic perspective: an interface configuration perspective”, (Matos, A., 2013).

Even though there are many interpretations about the concept of design, most of them share the idea that design process works in two major stages, the abstract stage and the concrete stage. The process begins with the procedures of analysing, thinking, assigning, and finishes giving the intellectual concept a material form.

In order to clarify the design process, various authors and researchers outline schemes and models that demonstrate the stages of a design process. The objective of the study presented is to analyze the design process and to emphasize its predictable and recognizable logical sequence.

⁶ Докладът е представен на студентската научна сесия на факултет „Транспортен“ 2022 в секция „Транспорт и Машинознание“ с оригинално заглавие на български език: МОДЕЛИ НА КОНСТРУКТОРСКИЯ ПРОЦЕС И ПРИЛОЖНИ АСПЕКТИ.

DESIGN PROCESS MODELS

The simple descriptive model of (Jones, C., 1992) reveals three stages: analysis, synthesis and evaluation. According to Jones, the analysis phase includes exploration and understanding of the problem. During the synthesis phase, all the hypotheses are considered. During the evaluation phase, the selection of the solution is implemented.

Based upon the model of Jones, Nigel Cross (Cross, N., 2021) also shows a descriptive model with four stages. This author reveals that the design process goes through the following stages: research, creating the concept, evaluation and communication. Cross's model places the initial emphasis on the study of a poorly defined problem. The author explains quite well the importance of the communication phase. During this stage, the best and most effective solution is communicated to customers and/or other stakeholders. Cross provides feedback between the evaluation and design stages to provide an iterative process that optimizes the final solution.



Fig. 1. Nigel Cross Model (Cross, N., 2021)

Ehrlenspiel (Ehrlenspiel, M., 2017) presents a model very similar to the model of Cross, reinforcing the cyclical nature of the Design process. Ehrlenspiel emphasizes, like Jones, that the hypothesis creation phase is divergent in nature. This model adds to the Cross and Jones models the ability to emphasise the contradictions of the hypotheses with the original problem before moving on to a final solution.

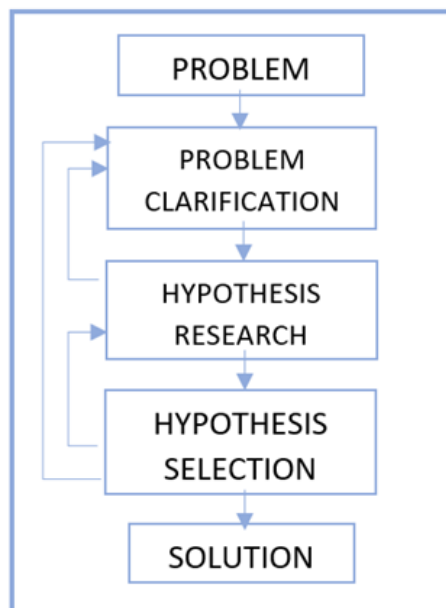


Fig. 2. Ehrlenspiel Model, (Ehrlenspiel, M., 2017)

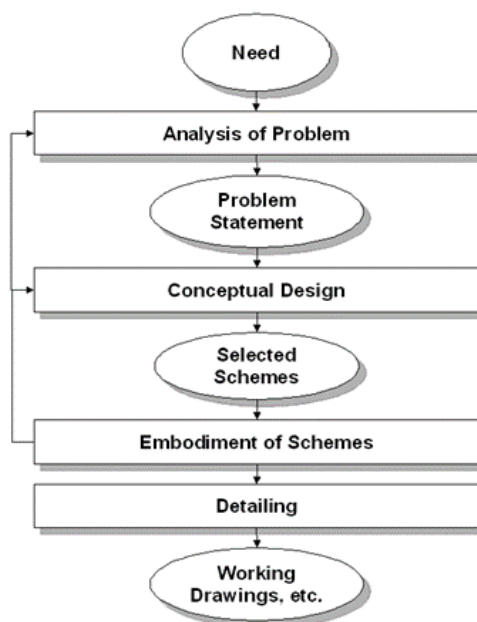


Fig. 3. French Model, (French, M. J., 1985)

The author French (French, M. J., 1985) presents a model based upon activities such as problem analysis, conceptual design, drawing development and further detailing. The French model not only emphasizes the different stages of the designer's work, but also the corresponding results obtained from each of the stages. In the presented diagram, the rectangles represent the activity to be developed and the ellipses represent the result achieved.

APPLICATIONS OF DESIGN PROCESS MODELS

Applying the Ehrlenspiel model, a part of the authors' team participated in the design process of two new products - experimental systems for investigation the characteristics of machine elements.

The first experimental system is designed to determine the efficiency coefficient of a cylindrical gearbox, depending on the load on the driven shaft. Several design versions have been developed. One of these versions was selected based upon the method of open power flow, which is described in: (Dobrev, V., Dimitrov, Y., Dobрева, A., Kamenov, K. & Ronkova, V., 2016), (Dobrev, V., Stoyanov, S. & Dobрева, A., 2015), (Dobрева, A., 2013).

The second system is designed to study the non-uniformity of the rotational movement of the driven shaft of the cardan coupling at different angles of intersection of the axes of the shafts.

Both systems are equipped with software products for data processing and visualization of results. During the tests, the results of both systems can be obtained in electronic form and from mechanical measuring devices.

The complete design layouts are described in: (Kamenov, K., Dobрева, A. & Ronkova, V., 2017), (Dobрева, A. & Dobrev, V., 2018) and (Stoyanov, S., Dobrev, V. & Dobрева, A., 2017, 2019).

During the designing the AVAC project, called the "Air Conditioning System on the First Floor of ISEP Building F" according to (Amaral, R., Alves, A. & Cunha, A. (2021), for example, the model used is a French model. Following the necessities described, the problem was analysed by calculating the correct room comfort temperature, the average temperature during the cold season, the most appropriate air renovation for each room and the heat loss of the space due to the design elements in order to calculate the required power which ensures comfort conditions. After all the parameters have been analysed and the precise description of the problem was completed, the conceptual design started.

Decisions such as "what compartments are suitable for the climate", or "what kind of ducts to use", or even "disposition of the ducts" have been made in stages. It was not a linear process, just as the model shows, it was a cycle of evaluations and improvements between the embodiment design and the conceptual design until the most appropriate solution was found. Then the detailing started with the selection of brands and models and ended with final design including drawings and assemblies.

CONCLUSIONS

In conclusion, it can be summarized that the design process is topic with an open interpretation, which can be defined in different ways according to each author. The division of the process into two working atmospheres: abstract and concrete, is the main characteristic feature. Each model analysed in the paper shows this similarity, although it deepens each stage in a different way.

Some design elaborations implemented by the authors' teams are briefly described. The stages and models which have been used for these practical applications are indicated. This also leads to the conclusion that, depending on the geographic region or on the theme of the project designed, the most appropriate model is to be chosen.

REFERENCES

- Amaral, R., Alves, A. & Cunha, A. (2021). *Climatization system of the first floor of Building F of ISEP*. Scientific supervisor: Olga Castro. School of Engineer (ISEP), Porto, Portugal, 37 pages.
- Boni, C., Silva, K. & da Silva, J. (2014). *The (un)definition of design: The limits of design and the relationship between art and manufacturing*. Blucher Design Proceedings. 11 Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. DOI: 10.5151/designpro-ped-00395, pp 1-12.
- Cross, N. (2021). *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design* (5th ed.). Chichester: John Wiley & Sons, 224 pages.
- Dobrev, V., Dobрева, A., Ronkova, V., Dimitrov, Y. & Kamenov, K. (2016). *Method for the Determination of the Rotational Variability of Cardan Drive*. International Journal for Science, Technics and Innovations for the Industry MTM: Machines, Technologies, Materials, No 6, pp 17 – 20.
- Dobrev, V., Dimitrov, Y., Dobрева, A., Kamenov, K. & Ronkova, V. (2016). *Improved Methodology for Design and Elaboration of Test Machines and Equipment*. "Machines. Technologies. Materials", No 11, pp 3 - 6.
- Dobrev, V., Stoyanov, S. & Dobрева, A. (2015). *Design, Simulation and Modal Dynamics of Gears and Transmissions*. "International Conference on Gears 2015", VDI-Bericht 2255, Munich, VDI-Bericht 2255, 2015, No 3, pp 695 – 707.
- Dobрева, A. (2013). *Theoretical Investigation of the Energy Efficiency of Planetary Gear Trains*. Mechanisms and Machine Science, No 13, pp 289-298.
- Dobрева, A. (2013). *Methods for Improving the Geometry Parameters and the Energy Efficiency of Gear Trains with Internal Meshing*. VDI – Berichte, No 2199.2, pp 1291 – 1302.
- Dobрева, A. & Dobrev, V. (2018). *Innovative Methodology for Decreasing Mechanical Losses in Vehicles*. Proceedings of the 4th International Congress of Automotive and Transport Engineering (AMMA 2018), Springer Verlag, pp 234 - 242.
- Ehrlenspiel, M. (2017). *Integrierte Produktentwicklung*. Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit, Fachbuch, 6., überarbeitete und erweiterte Auflage. Hanser, 826 S.
- French, M. J. (1985). *Conceptual Design for Engineers*. Springer Berlin, Heidelberg, <https://doi.org/10.1007/978-3-662-11364-6>, 226 pages.
- Jones, J. C. (1992). *Design Methods*. 2nd Edition. Wiley, Chichester, 472 pages.

Matos, A. (2013). *Design de Autor: Conceito, Relevância e aplicação de desenvolvimento de um produto*. Vandoma, ESAD, 153 pages.

Santos, R., (2014). *Engenharia do design: a engenharia no processo de design da industria automóvel*. Orientador: Parra, P. & Viana, J. Dissertações de Mestrado, Universidade de Lisboa, 214 pages.

Stoyanov, S., Dobrev, V. & Dobрева, A. (2019). *Investigation of the Opportunities for Experimental Research of Gear Train Vibrations*. MATEC Web of Conferences, Power Transmissions 2019, No 03001/287, pp 248 - 252.

Stoyanov, S., Dobrev, V. & Dobрева, A. (2017). *Finite Element Contact Modelling of Planetary Gear Trains*. Material Science and Engineering, No 252, pp 012034 – 38.

OPTIMIZATION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE ⁷

M. Eng. Ivaylo Nikolaev Borisov, PhD student,

Department of Engines and Vehicles,

University of Ruse "Angel Kanchev"

Tel.: 0888 469 868

E-mail: iborisov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD

Department of Engines and Vehicles,

University of Ruse "Angel Kanchev"

Phone: +359 82 888 331

E-mail: spi@uni-ruse.bg

Abstract: Optimization and artificial intelligence are already embedded in our everyday life. Techniques that are based on artificial intelligence allow engine manufacturers to design new engines and fuels with high efficiency, low emissions and susceptibility to potentially damaging combustion events such as preignition and knocking. These methods make it an attractive way to achieve quick and reliable solutions.

Keywords: AI, ML, RC ICE, miniature engines.

Introduction

During the first industrial revolution (18th century), steam was used primarily for manufacturing and mechanization. The use of electric power during the second industrial revolution (19th century), led to vast expansion and mass production. Enormous progress in electronics and information technology led to the third industrial revolution (20th century). And nowadays we are experiencing the digital revolution. Advancements in fields such as artificial intelligence (AI), data analytics, robotics, autonomous vehicles, 3D printing, virtual reality etc. are opening new doors to new possibilities never imagined before. The fourth industrial revolution will be driven by AI. Although AI isn't new, major breakthroughs have been made in the last few decades. Figure 1 shows the stages of the industrial revolution (Mohan, B., Pinaki, P., Jihad B., Pei, Y., Sibendu, S. 2022).

AI already occupies essential place in our every day activities. The computing power has increased exponentially which enabled huge data processing, hence making enormous advancements in AI development in recent years. Computers now are capable of performing human tasks, solve problems and make decisions. In the process they learn from experience, find patterns and discover even better solutions to the problems (Iliev, S. & Mitev, E. 2019).

Based on their applications, there are different machine learning algorithms in existence. They can be classified in three groups – supervised, unsupervised and reinforced. In supervised learning, the algorithms are trained to generate a function that connects the inputs with their targets. Some of the most popular machine learning algorithms are linear regression, logistic regression, neural networks and nearest neighbour. In unsupervised, the data supplied to the algorithms is unlabeled; their task is to identify specific patterns and group them accordingly. The types of machine learning algorithms are shown in fig.2 (Iliev, S. 2014).

⁷ Докладът е представен на студентската научна сесия на 19 Май 2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: ОПТИМИЗАЦИЯ НА ДВИГАТЕЛИ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ С ПОМОЩТА НА ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ

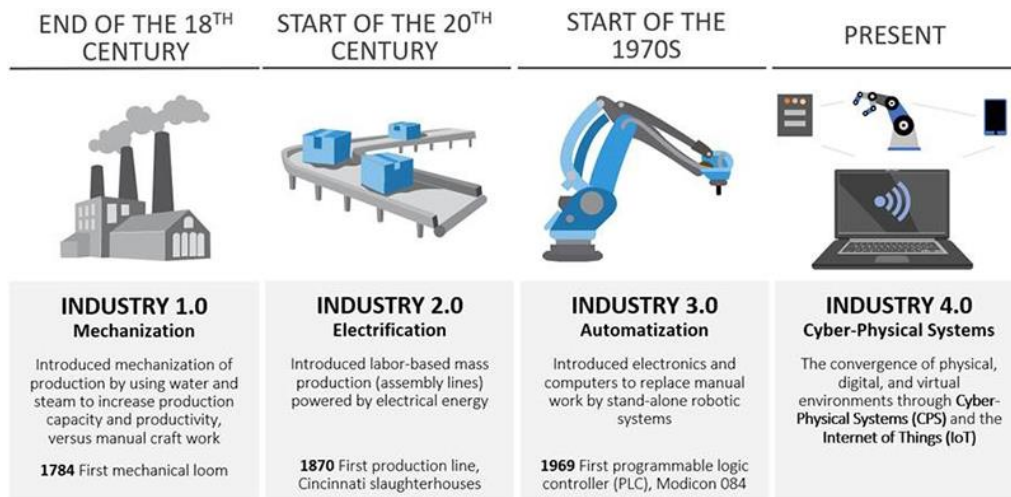


Figure 1. Stages of industrial revolution.

Some of the most commonly used algorithms are K-means clustering, principal components analysis, association rules and t-distributed stochastic neighbour. The reinforced learning algorithm learns from its environment. The algorithm learns from its experience, until all possible options are explored. The goal of the process is simple, the algorithm is trying to maximize the reward or minimize the risk. The feedback is called from the process is called a reinforced signal. Some of the most popular reinforced algorithms are Q-learning, temporal difference and Monte Carlo tree search.

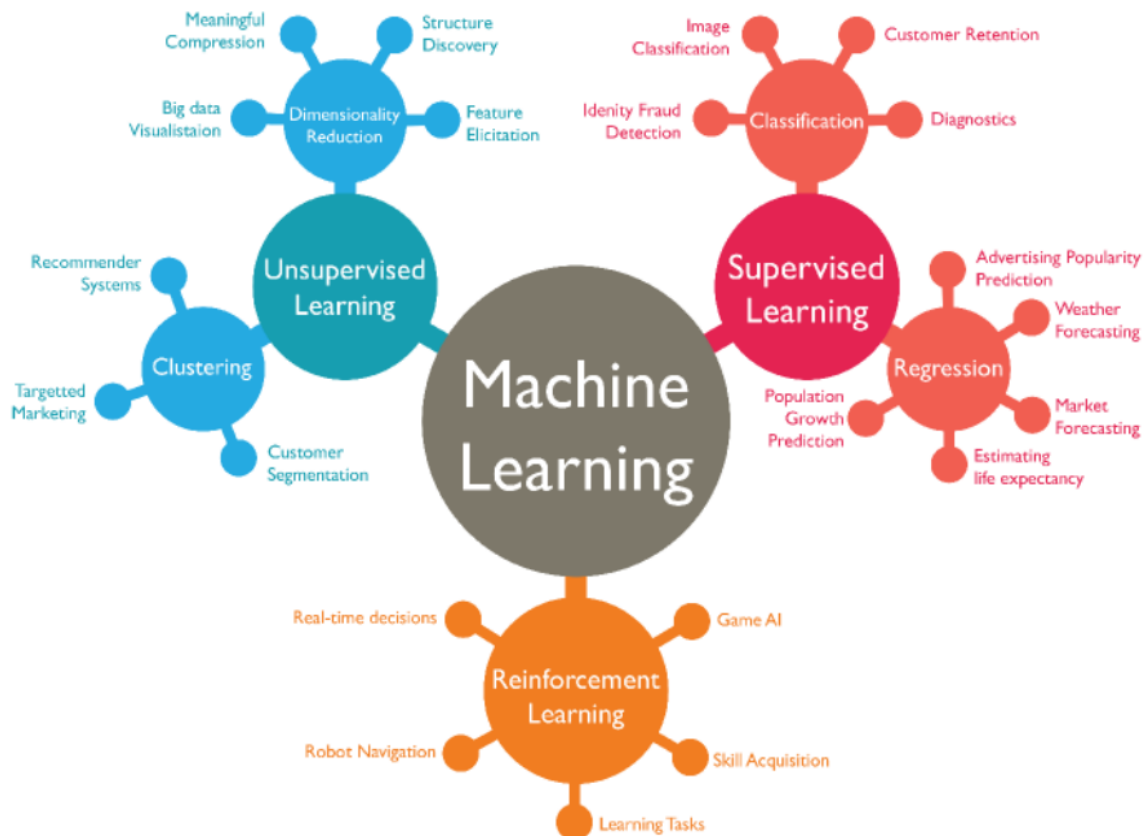


Figure 2. Types of machine learning algorithms.

Exposition

Optimization of internal combustion engines (ICE) based on AI includes, optimizing the design of the engine, operating parameters, fuel forming and its properties, and eliminating the combustion events thta could damage the engine. Fuel forming optimization includes forecasting of

the fuel mixture properties based on the monitoring the AI does. Based on the information received from the monitoring of the processes occurring in the ICE, AI can predict combustion events such as preignition, which can be potentially damaging, and inform the engineers in the developing stages of the engine or to mitigate the effects of these phenomena during operating conditions of the engine.

Internal combustion engines have been in use for more than a century and since their first inception there have been many significant technological improvements. Only in recent years the tools used to optimize fuel/engine system have evolved. Major role in the development of the fuel/engine system was played by the complex numerical simulations that were done, and more specifically computational fluid dynamics (CFD). The computational power needed for those kinds of simulations made them possible only in recent years. Before the advancements in computational power, other methods were developed such as designing of experiments and genetic algorithms.

Design of experiments.

Engine optimization back in the early days was carried out manually using few designs, primarily due to the limited computational power available at the time (fig.3.). Later, design of experiments optimization method became widely accepted and was used in engine optimization thanks to advancements in information technology. It uses statistical methods to build an optimization response.

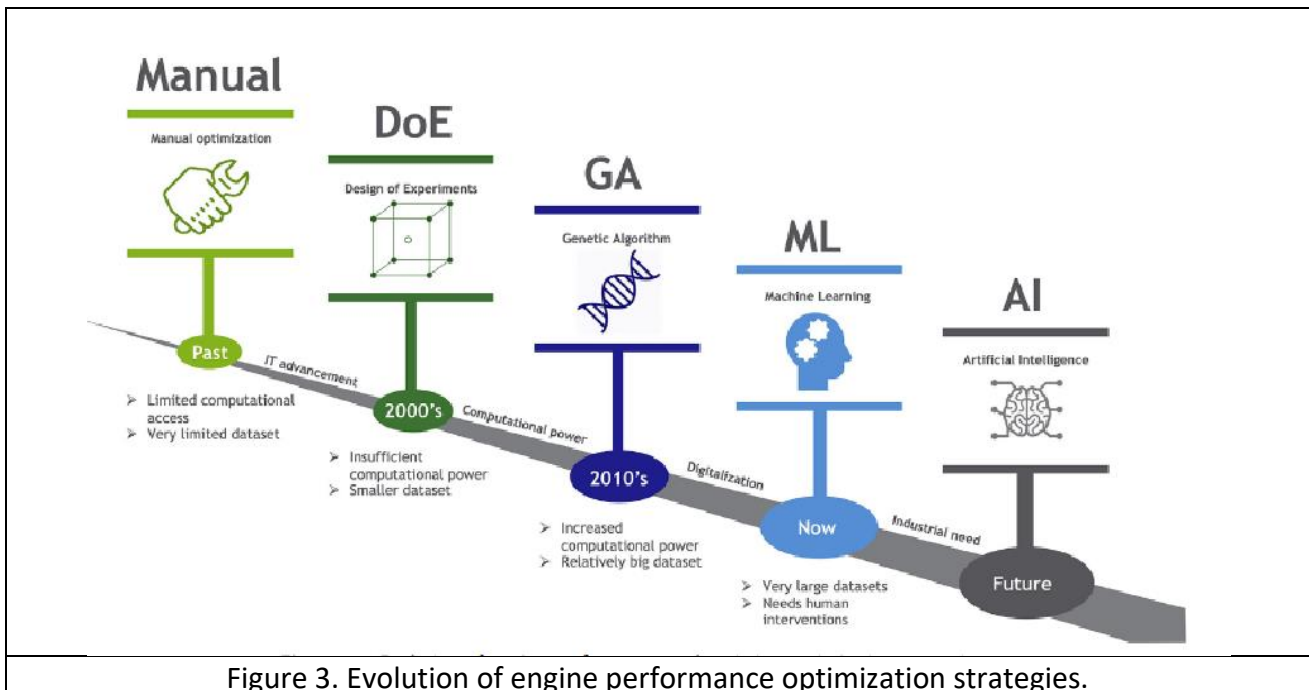


Figure 3. Evolution of engine performance optimization strategies.

Algorithms.

The development of computers enabled the creation of algorithms, which was rapidly accepted by researchers as a popular method for optimization (Iliev, S. 2021), (Iliev, S. 2020). Algorithms have a higher chance of finding a global solution. It is broadly used in the academic research, primarily because of the resources required to build an efficient model to solve a particular problem.

Machine Learning.

The advancements in digitization and artificial intelligence algorithms, have made it possible for the machine learning to emerge as an effective and powerful tool for optimization of complex systems, such as engine combustion. Machine learning models can be used to represent the engine system. Artificial neural networks have been already in use for optimizing engine performance and emissions.

Fuel formulation optimization.

Liquid fuels are a very complex mixture of many different molecules. The properties of gasoline and diesel fuels offered in the market are made in such a way, so they meet emission regulations. It is well known that the properties of the fuel affect significantly the performance of the engine and the emissions. Therefore optimization of both the fuel and the engine is necessary to achieve the full potential that IC engines offer. Engine performance and emissions are complex and have strong correlation to the fuel properties, this is where AI comes in hand, enabling the optimization of the fuel properties. Fuel optimizations such as: predicting the fuel properties, the formulation of the fuel, developing reaction mechanisms and others.

Rare combustion events and their mitigation methods.

AI can be used effectively to forecast and prevent abnormal combustion events that damage the engines' performance. Premature ignition of the air-fuel mixture at low speeds, an abnormal and potentially catastrophic combustion phenomenon in gasoline spark ignition engines are all examples of rare combustion events. This phenomenon occurs mainly in turbocharged direct injection engines operating at low speed and high load. And the occurrence of this phenomenon has increased in recent years due to the fact that manufacturers are trying to meet the fuel efficiency and emission regulations.

Conclusions

This paper reviews the applications of artificial intelligence in the optimization of internal combustion engines and fuels. This includes the optimization of engine design and operating parameters, optimization of fuel formulation, and mitigation of the rare combustion events. The techniques based on AI allow the engine manufacturers to develop new engines and fuels with better efficiency and low emissions. The advantages of machine learning optimization make it alluring alternative over the conventional methods to achieve a fast and reliable solution. The human involvement in this process at various stages is still required. Additional automatization is required for further improvement of the efficiency of the process.

Докладът отразява резултатите от работата по проект № 2022-ПУ-03, финансиран от Националния научен фонд на Русенския университет.

REFERENCES

- Mohan, B., Pinaki, P., Jihad B., Pei, Y., Sibendu, S. (2022) *Artificial intelligence and Data Driven Optimization of Internal Combustion Engines*. U Chicago Argonne LLC
- Iliev S. (2021) A Comparison of Ethanol, Methanol, and Butanol Blending with Gasoline and Its Effect on Engine Performance and Emissions Using Engine Simulation. *Processes*; 9(8):1322.
- Iliev, S. & Mitev, E. (2019). Modelling and Investigation of a Diesel Engine with Ethanol and Methanol Additives, *Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium*, pp.0415-0423,
- Iliev, S. (2020). Investigation of the Gasoline Engine Performance and Emissions Working on Methanol-Gasoline Blends Using Engine Simulation, *Numerical and Experimental Studies on Combustion Engines and Vehicles*, Paweł Woś and Mirosław Jakubowski, IntechOpen.
- Iliev S. (2014) Developing of a 1-D Combustion Model and Study of Engine Characteristics Using Ethanol-Gasoline Blends, *Proceedings of the World Congress on Engineering 2014, Vol II, WCE 2014, July 2-4, London, U.K.*

THE APPLICATION OF THE TECHNOLOGIES TO IMPROVE EFFICIENCY AND REDUCE EMISSIONS IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES⁸

Dimitar Obretenov – PhD Student

Department of Engines and Vehicles,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: + 359 88 3533556
E-mail: di.obretenov@abv.bg

Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD

Department of Engines and Vehicles,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: 082-888 331
E-mail: spi@uni-ruse.bg

Abstract: *In recent years, more and more stringent requirements have been introduced for vehicles with internal combustion engines on emissions. This has led many of the manufacturers to introduce new technologies with which to meet the stricter requirements of legislative norms. This paper reviews these technologies that improve efficiency and reduce emissions. Also related problems are the energy crisis and the depletion of fossil fuels leading to the search for new sources of energy and the use of alternative fuels. The penetration of alternative fuels and other sources of energy is also related to the use of new technologies in internal combustion engines.*

Keywords: *Engine Efficiency, Emissions, IC Engines, Engine Simulations, Models*

ВЪВЕДЕНИЕ

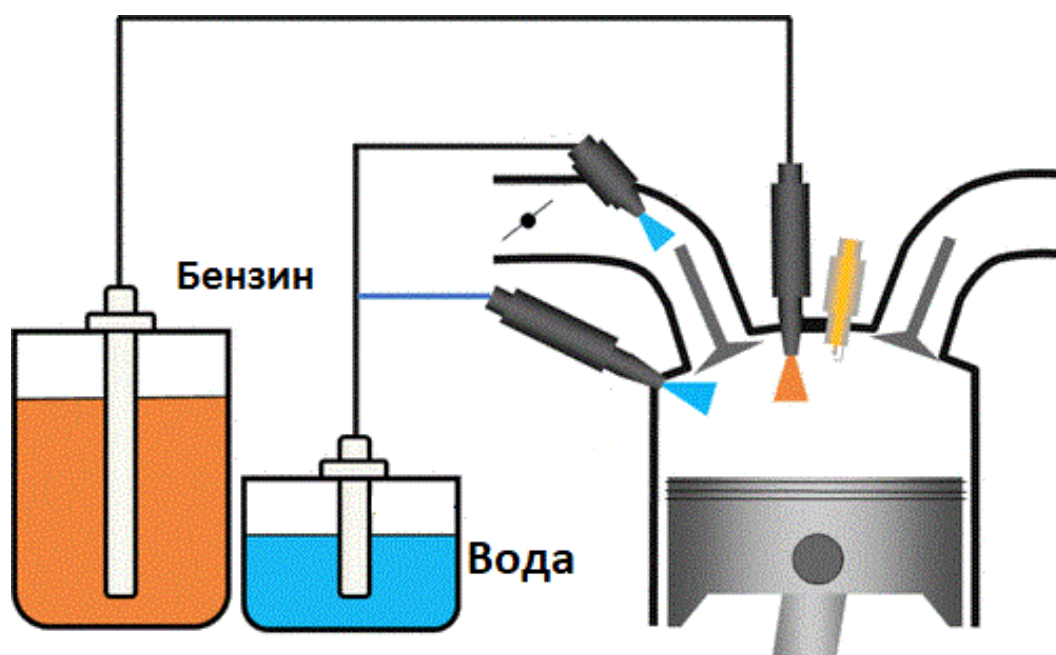
В последните години често се използва понятието “Нулеви емисии”. Но какво всъщност означава нулеви емисии в транспорта? Очевидното място за изследване или наблюдение е ауспухът на автомобила, но има много повече места за изследване за това. Преди да управлявате даден автомобил, той трябва да бъде произведен. А за да се произведе са необходими ресурси, те трябва да бъдат получени или добити. От друга страна, как се управлява жизнения цикъл на превозното средство, особено когато то достигне край на своя живот? Всички тези процеси включват емисии. Ако искаме наистина да декарбонизираме транспорта, трябва да изчистим всяка стъпка от жизнения цикъл на автомобила. Ако добавяне електрически превозни средства към транспортния микс, ние също трябва напълно да декарбонизираме производството на електроенергия. Следователно пътят към нулата е дълъг и сложен. Не е толкова просто като „електрифицирайте всички автомобили и направете цялото електричество възобновяемо“ (Joshi, A., 2019). Източниците на енергия на борда на автомобила обикновено са течни или газообразни горива (химическа енергия) или електрически батерии (електрохимична енергия). Днес повечето превозни средства използват а резервоар за гориво, ДВГ и няколко предавки като задвижваща система. Някои превозни средства използват батерии, силова електроника и електрически двигатели или може би комбинация от ДВГ и електрически двигатели. Как получаваме и предаваме енергията за нашия транспорт е от жизненоважно значение към нашето устойчиво бъдеще (Leach, F., Kalghatgi, G., Stone, R., and Miles, P., 2000).

⁸ Докладът е представен на студентската научна сесия на 19 Май 2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТЕХНОЛОГИИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА И НАМАЛЯВАНЕ НА ЕМИСИИТЕ В ДВИГАТЕЛИ С ВЪТРЕШНО ГОРЕНЕ.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Впръскване на вода

Впръскване на водата става по два начина: един начин е водата се подава във всмукателния колектор или директно в цилиндъра. По този начин се намалява температурата на горене, защото част от енергията се изразходва за образуването на пара, намалявайки NOx емисиите. Също така водата спомага за намаляване на възможността за образуване на детонация, подобрявайки ефективността и намалявайки CO₂ емисиите. Този метод има своите недостатъци като: отделен резервоар за съхранението на водата и допълнителна система от тръбопроводи която усложнява конструкцията и увеличава допълнително тегло на двигателя (Singh E., Hlaing P., Dibble R., 2020).

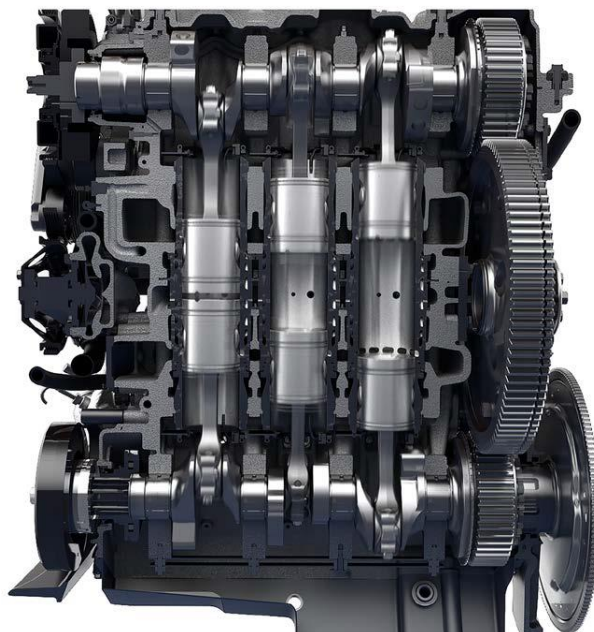


Фиг. 1. Впръскване на вода в бензинов двигател (Singh E., Hlaing P., Dibble R., 2020).

Повишаване на октановото число

Повишаването на октановото число се постига чрез система от 2 горива (едното с по-малко октаново число от другото), като чрез редуването на двете горива се получава по-добра ефективност. Този метод има своя недостатък, а той е, наличието на два резервоара, което прави този метод сравнително неудобен. Но използването на обогатяващи горива като етанол, решава проблема с двата резервоара. Автомобила се зарежда със стандартно гориво, което преминава през система, която го разделя на високо октаново число (богато на етанол) и ниско октаново число (бедно на етанол). Проведен е такъв експеримент с подобна система, като при леки и лекотоварни автомобили в края на експеримента резултатите показват намаляване на разхода на гориво с 20-30%.

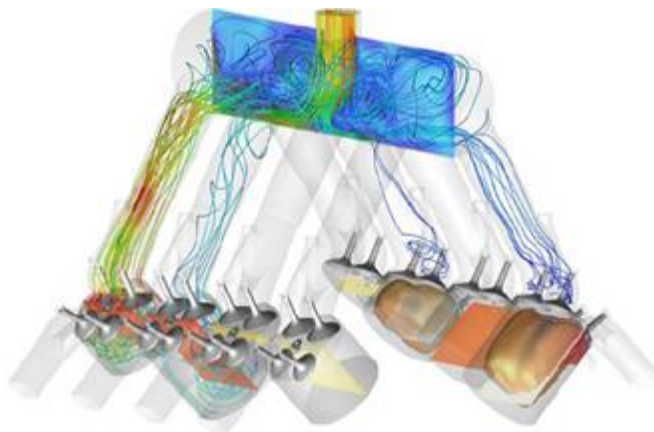
Двигатели със срещуположно движещи се бутала



Фиг. 2. Двигател със срещуположно движещи се бутала

Буталата при този вид двигатели, за разлика от конвенционален редови двигател, са поставени едно срещу друго, като по този начин се елиминира нуждата от клапани (фиг. 2). Предимствата на този тип двигател са много, но липсата на цилиндрова глава намалява топлинните загуби драстично. Вследствие на специфичната си конструкция, CO_2 емисиите на този тип двигател са по-ниски.

Инструменти за подобряването на проектирането и изследването на ДВГ



Фиг. 3. Симулация на потока на флуида и процес на горене в 8 цилиндров двигател с принудително запалване

CFD технологиите са спомогнали много за развитието на ДВГ в последните десетилетия Пиев S. (2014). През годините, двигателите са били създавани и след това са били подлагани на експерименти (Пиев, S. & Митев, E. 2019). През 90те години възможностите на софтуерните продукти са били значително с по-малки възможности в сравнение със сега, което се дължи предимно на възможностите на компютрите (Пиев S. 2021). Днес е възможно постигането на много по-точни симулации за много по-кратко време (Пиев, S. 2020). Някои компании не започват производството на двигатели докато не получат резултати от CFD анализите. Не толкова отдавна, беше обратното, експериментите предхождаха симулациите.

Горива с неутрално съдържание на въглерод

Днес повече от 95% от енергията използвана при транспорт идва от течни горива, които се произвеждат от изкопаеми горива (нефт). Бъдещето предлага възможности за намаляването на съдържанието на въглерод в горивата, а от там и на емисиите. Съществуват няколко метода за намаляване на въглерода при производството на горива. Някой от тези методи изискват да се конструират нови двигатели, някой не. Използването на био горива е вече разпространен метод. Някой нови методи са разработени, като например използване на дървен материал и дървени отпадъци за създаване на био горива, обогатяване биомасла с водород и др. Както беше споменато по-горе, много от тези методи не изискват разработването на нови двигатели, това има своите предимства, защото премахването на въглерода от горивата не изисква закупуване на нови автомобили (FuelsEurope, "Clean Fuels for All," 2020).

Горивата с неутрално съдържание на въглерод се делят на два вида: биогорива и е-горива. Тези наименования на горивата покриват широк спектър от въглеводородни компоненти, най-широко разпространената от които е окисляващата компонента, обозначавана чрез „ОН” в химическите формули. С други думи в горивата се съдържа и кислород. Това което ги прави с неутрално съдържание на въглерод е, че те отнемат CO₂ от атмосферата чрез растенията използвани за създаването на горивото или чрез станции за улавяне на въглерод от атмосферата.

През 2013г., започва използването на целулоза за направата на биоетанол. За тази цел се използва онази част на растението което не се позлва като храна. Тук влизат както дървени стърготини, неядливата част на култури отглеждани за храна (царевичен кочан) и др. получаването на биоетанол става по два начина:

1. Чрез хидролиза се раздробява целулозната маса, добавят се ензими които трансформират целулозата в прости захари (глюкоза), ферментация и дистиране.
2. Чрез нагряване (частично горене), по този начин целулозната маса отделя въглероден оксид и водород, след което ферментира и се дистирира.

Горивата произведени по този начин се считат за втора генерация от горива. Тяхната роля ще бъде ключова когато става въпрос за възобновяеми източници на енергия. Като допълнение към целулозните източници, може да се добави и факта, че биоетанол може да се произвежда и от градската смет.

Последните подобрения в процесите за произвеждане на биогорива, намаляват отделянето на CO₂, това сочат последните доклади на CARB (California air resources board). Като допълнение се посочва, че произвеждането на биогорива от водорасли, може да намали допълнително вредните емисии, за отглеждането на което не е необходима плодородна земя. Много страни по света (65 страни) имат вече приети закони, според които към горивата се добавят биогорива.

В бъдеще, добавяното количество на етанол към горивата, ще се увеличава. Горивата със съдържание на етанол ще бъдат на пазара целогодишно, не само през лятото. Поради по-малката си енергия за обем, в сравнение с бензина, разхода на гориво се увеличава с 1.5% за горивата съдържащи етанол. Въпреки това, увеличаването на съдържанието на етанол ще доведе до увеличаване на ефективността и намаляване на CO₂ емисиите.

ИЗВОДИ

Ефективността на съвременните бензинови ДВГ е между 12-35%, възможно е това да се подобри с използването на един или няколко от разгледаните технологии. Както беше споменато по-горе, въграждането на тези технологии си има своите предизвикателства.

Докладът отразява резултатите от работата по проект № 2022-ПУ-03, финансиран от Националния научен фонд на Русенския университет.

REFERENCES

- Joshi, A., (2019). *Review of Vehicle Engine Efficiency and Emissions*, SAE Int. J. Adv. Curr. Pract. In Mobility 1, no. 2: 734–761
- Leach, F., Kalghatgi, G., Stone, R., and Miles, P., (2000) *The Scope for Improving the Efficiency and Environmental Impact of Internal Combustion Engines*,” *Transportation Engineering* 1 (2020): 100005.
- Singh E., Hlaing P., Dibble R., (2020). *Investigating Water Injection in Single-Cylinder Gasoline Spark-Ignited Engines at Fixed Speed*, *Energy Fuels* 2020, 34, 12, 16636–16653 Publication Date: November 17,
- Iliev S. (2014) *Developing of a 1-D Combustion Model and Study of Engine Characteristics Using Ethanol-Gasoline Blends*, *Proceedings of the World Congress on Engineering 2014, Vol II, WCE 2014*, July 2-4, London, U.K.
- Iliev, S. & Mitev, E. (2019). *Modelling and Investigation of a Diesel Engine with Ethanol and Methanol Additives*, *Proceedings of the 30th DAAAM International Symposium*, pp.0415-0423,
- Iliev S. (2021) *A Comparison of Ethanol, Methanol, and Butanol Blending with Gasoline and Its Effect on Engine Performance and Emissions Using Engine Simulation*. *Processes*.; 9(8):1322.
- Iliev, S. (2020). *Investigation of the Gasoline Engine Performance and Emissions Working on Methanol-Gasoline Blends Using Engine Simulation, Numerical and Experimental Studies on Combustion Engines and Vehicles*, Paweł Woś and Mirosław Jakubowski, IntechOpen.
- FuelsEurope, “Clean Fuels for All,” 2020, accessed October 25, 2020, <https://www.fuelseurope.eu/wp-content/uploads/FuelsEurope-Clean-Fuels-for-All-Final.pdf>.

REVIEW OF THERMAL MANAGEMENT SYSTEMS FOR HEATING OF BATTERY-ELECTRIC VEHICLES⁹

Petar Pavlov – PhD Student

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 883 324 432
E-mail: petar.k.pavlov@gmail.com

Assoc. Prof. Petko Mashkov, PhD

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: +359 82888 218
E-mail: pmashkov@uni-ruse.bg

Abstract: *This paper reviews the thermal management systems for the batteries powering electric vehicles. The rapid development of hybrid and electric vehicles, led to the challenge maximizing the drivable range and energy efficiency of the vehicles. As main source of energy, the Lithium-ion batteries are responsible for the stable and predictable drivability of the electric vehicles. The Lithium-ion batteries are sensitive to temperature and this puts the temperature management of the vehicle's power sources at a high importance.*

Keywords: Thermal Management, Lithium-ion batteries, Heating,

ВЪВЕДЕНИЕ

Литиево-йонните батерии с тяхното високо напрежение, голяма специфична енергия, преносим характер, ниска скорост на саморазреждане и относително дълъг живот са широко използвани в електромобили и други системи за съхранение на енергия. Температурата им при съхранение или работа влияе върху производителността им, а неравномерното разпределение на температурата в модула/пакети може да предизвика различно електрохимично поведение и електрически небалансирани клетки.

Разгледани са методи за загряване както и техните предимства и предизвикателства, свързани с приложението им.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Батерии за електрически превозни средства

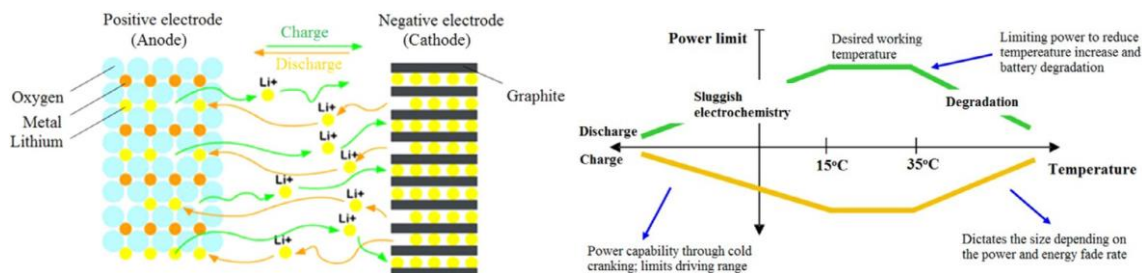
С непрекъснатото развитие на ключови технологии за електрическите превозни средства (EV) и подобряване на инфраструктурата, страни по целия свят се присъединяват към технологиите и пазара на EV.

Има няколко основни типа електромобили: хибридно електрическо превозно средство (HEV), акумулаторно (на батерии) електрическо превозно средство (BEV), електрическо превозно средство с горивни клетки (FCEV) и други нови енергийни електромобили. Развитието на технологиите за съхранение на енергия значително ускори тенденцията за разпространение на транспортните средства с електрическо задвижване.

Източниците на енергия за тези средства включват главно литиево-йонни батерии (LIB), никел-металхидрид батерии, горивни клетки, оловно-киселинни батерии, суперкондензатори и така нататък. Работното състояние на захранващите източници е тясно свързано с температурата.

⁹ Докладът е представен на студентската научна сесия на 19 Май 2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: ПРЕГЛЕД НА СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТОПЛИНАТА ЗА ЗАГРЯВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛИ.

Литиево-йонните батерии показаха голям потенциал в приложението при EV при стайна температура. Те притежават предимствата на висока специфична енергия, висока енергийна плътност [1,2], дълъг експлоатационен живот, нисък саморазряд [3] и дълъг срок на годност [4]. Но за да бъдат батериите широко използвани в EV и експлоатацията им да бъде безопасна при добра енергийна ефективност, трябва да бъдат решени няколко комплексни проблема. Сред различните влияещи фактори, температурата при експлоатация играе важна роля за производителността, живота и безопасността на литиево-йонните батерии [5]. При твърде ниска или твърде висока температура работата им все още е голям проблем [6].

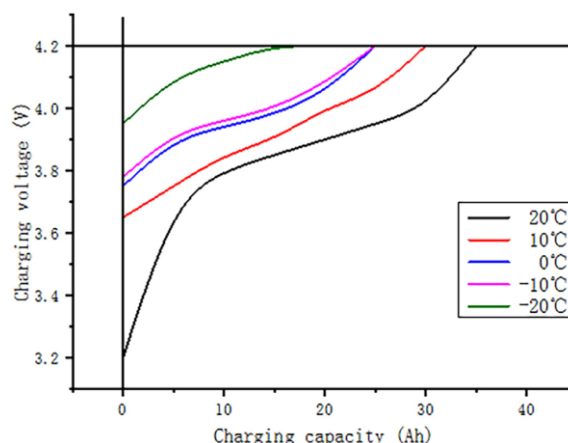


Фиг. 1. Работен диапазон на литиево-йонните батерии [7]

Производителността на литиево-йонните батерии зависи от работната температура и напрежението. Както е показано на Фиг. 1 [7], литиево-йонните батерии се представят добре, когато системата работи в рамките на ограничен температурен диапазон. Извън него са възможни необратими щети. Температурата е пряко свързана с химичните реакции, протичащи в клетката [7]. При висока температура скоростта на реакцията се увеличава, но също така повишава отделянето на топлина и провокира повишаване на температурите [8]. Ако топлината не се евакуира по-бързо, отколкото се генерира, температурата ще се повиши и със сигурност ще доведе до непоправими щети [9]. Всъщност в съвременните BEV безопасността е проблем на първо място.

Литиево-йонни батерии (LIBs) при ниска температура

Производителността на литиево-йонните батерии може да бъде проблематична при ниски температури (напр. $<15^{\circ}\text{C}$). Ефективността на зареждането и разреждането ще бъдат засегнати, тъй като електрохимичните реакции не могат да протекат нормално [10]. Когато температурата е твърде ниска, дифузията и скоростта на литиеви йони в електролита намаляват сериозно поради повишаване на вискозитета на електролита, което води до значително увеличение на вътрешното съпротивление. Броят литиеви йони, участващи в реакцията намалява, което пряко се отразява на електричната енергия, достъпна за съхранение и освобождаване, което води до намаляване на капацитета на батерията и влошаване на мощностните й характеристики [11]. При екстремни условия, електролитът замръзва, предотвратявайки разреждането на батерията и стартиране на превозното средство. За зареждане на литиево-йонните батерии при ниска температура, литиевите дендрити могат да пробият филма, образувайки вътрешно късо съединение и застрашаващи безопасността при употреба [12].



Фиг. 2. Крива на зареждане при 10 А постоянен ток и постоянно напрежение при различни температури.

Фиг. 2 показва връзката между капацитета на зареждане и зарядното напрежение при различни температури. При зареждане с постоянен ток, напрежението на зареждане нараства непрекъснато и бързо до напрежението на прекъсване (4,2 V) при понижаване на температурата. Това необратимо намаляване на капацитета е също свързано с броя на зарядните цикли при използване на батерията. Освен това, значима температурна разлика може да възникне в различни области (клетки) на батерията. Неравномерно разпределение на температурата вътре в пакета на батерията ще причини локално разграждане [13], ускорявайки стареенето на батерията и намаляване на живота ѝ.

Литиево-йонни батерии при висока температура

Литиево-йонните батерии също могат да имат проблеми с производителността при високи температури (напр. $>40^{\circ}\text{C}$) [14, 15]. От една страна, литият е химически много активен и лесно изгаря. Пакетът на батерията се състои от много единични батерии, свързани последователно или успоредно, така че ако топлината, генерирана от електрохимичната реакция на самата батерия не може да се освободи навреме поради високата температура на околната среда, когато батерията претърпява зареждане или разреждане, клетка на батерията може да се прегрее, което да доведе до изгаряне, експлозия или изтичане на токсични газове (напр. CO, C_2H_4 , H_2S , HF) [16, 17]. Освен това, на късо съединение може да възникне при висока температура поради сложната структура на вътрешната силова верига на пакет на батерията [18-20]. От друга страна, високите температури също влияят на капацитета на LIB. Проучванията показват, че LIB губят близо 70% от капацитета си след 500 цикъла на разреждане при 55°C [21]. Този ефект значително съкращава продължителността на живота на LIBs [22].

Основната цел на тази работа е да направи преглед на методите, използвани от различни изследователи в разработката на системи за термичен мениджмънт на батерии за електрическо задвижване, като основно внимание е отделено на тези, приложими при малки превозни средства (от типа на електрични велосипеди, скутери, малки автомобили и др.). Разгледани са методи, включващи електрическо отопление, въздушно отопление/охлаждане, течено отопление/охлаждане и PCM отопление/охлаждане (на базата на материали при промяна на фазата им), както и техните предимства и предизвикателства, свързани с приложението им.

Методи за нагряване на литиево-йонни батерии

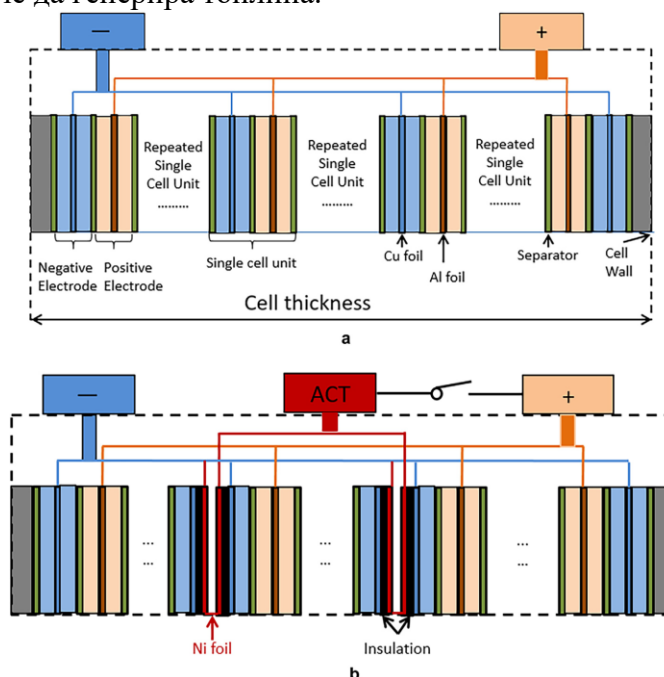
За да се увеличи производителността на литиево-йонни батерии при ниска температура, те трябва да бъдат отоплявани и изолирани от околната среда. Методите на нагряване за LIB могат да бъдат разделени на следните категории: електрическо отопление, въздушно отопление, течено отопление, PCM (материали с промяна на фазата) отопление и други методи на отопление (като например с използване на Ефект на Пелтие и топлинни тръби).

- Електрично нагряване

В [23] изследователите са предложили метод за нагряване на батерията чрез поставяне на два широки телени метални филма върху двете най-големи повърхности на батерията. Едната страна е правоъгълен меден филм, а другата страна е разположен на определена ширина непрекъснат меден проводник. Батериен пакет (състоящ се от три 35 Ah, 3,7 V батерии) е тестван. Кутията за батерии беше поставена при -40°C за 5- 8 h до постигане на топлинен баланс, а след това и нискотемперната ефективност на разреждане батерията беше тествана. Отопление при 40 C и 120 W за 15 минути е доказано, че режимът е еквивалентен на зареждане и разреждане при 0 C.

В [24] са експериментирали и предлагат прекъснат метод за загряване. Техните експериментални резултати показват, че загряване за 0,1 s и спиране на нагряването за 0,3s дава добри резултати. В [25] са предложили използването на постоянен ток и променлив ток за нагряване на литиево-йонни батерии.

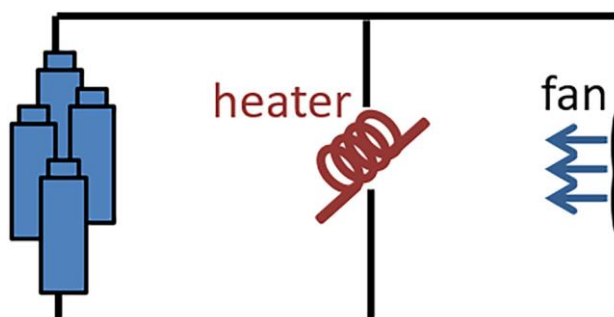
В [26] са предложили използването на никелово фолио и включен изолационен слой. Температурата на батерията се управлява чрез протичането на електричен ток през никеловото фолио, така че да генерира топлина.



Фиг. 3. Схематична илюстрация на конвенционална литиево-йонна клетка и самонагряваща се литиево-йонна батерия с множество вмъкнати Ni фолия [26].

Въздушно отопление

Принципът на работа на въздушно отопление е показан на фиг. 4 - температурата на електрическия нагревателен проводник първо се повишава чрез захранване от батерията. След това електрическият нагревателен проводник, нагрят до висока температура загрява околния въздух чрез конвекция. Горещият въздух влиза в кутията на акумулатора от вентилатора и обменя топлина, за да загрее нискотемпературната батерия до подходящата температура.



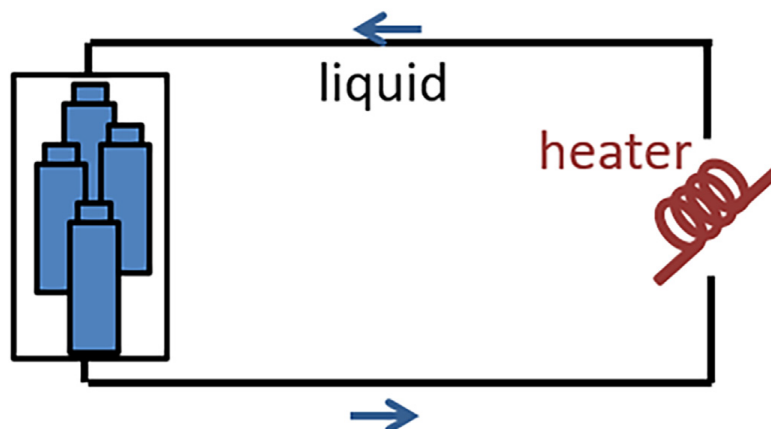
Фиг. 4. Принципна схема на въздушно нагряване.

Предимството на стратегията за конвективно отопление се крие в нейната висока ефективност, но топлопроводимостта вътре в батерията може да се превърне в ограничаващ фактор поради дебелината на акумулаторната клетка, което води до по-голям температурен градиент вътре в батерията.

Течно загряване

Подобно на въздушното отопление, електрическият нагревателен проводник първо се нагрява от източник на захранване, за да се повиши неговата температура, както е показано на фиг. 5. Нагревателят загрява след това течност, която тече между нагревателния проводник и клетките на акумулатора по запазени проточни канали за загряване на нискотемпературната батерия до подходяща температура. Често използвани за топлопrenaсяне са течности като вода, масло, гликол, ацетон и т.н. [7].

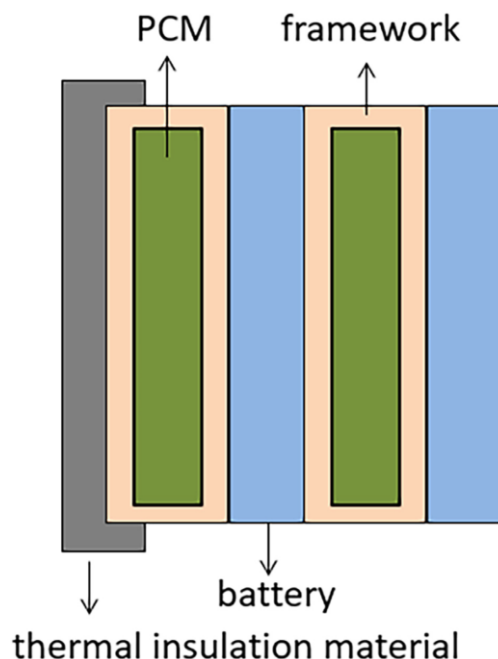
В сравнение с въздушното отопление, течното отопление има големи предимства поради по-високия му специфичен топлинен капацитет и по-висок коефициент на топлопреминаване, поради което батерията може да бъде по-компактна. Трябва да се посочи, че течното отопление има и някои технологични бариери за преодоляване, като проблема с изтичането на течности и необходимостта от проектиране и реализация на ефективна поточна мрежа [27].



Фиг. 5. Схема на нагряване с помощта на течности.

PCM (phase change materials – материали с промяна на фазата) отопление

PCM включват хидратирани соли, стеаринова киселина, полиетилен гликол, парафин, графен, композити с фазова промяна на тяхна основа и др. Като показани на фиг.6, PCM могат да бъдат запълнени вътре в рамка, за да образуват а нов вид композитен материал за промяна на фазата (CPCM) в модулен вид начин. По време на разреждане на батерията, CPCM абсорбира топлината, отделена от батерията, като бързо намалява температурата на батерията.

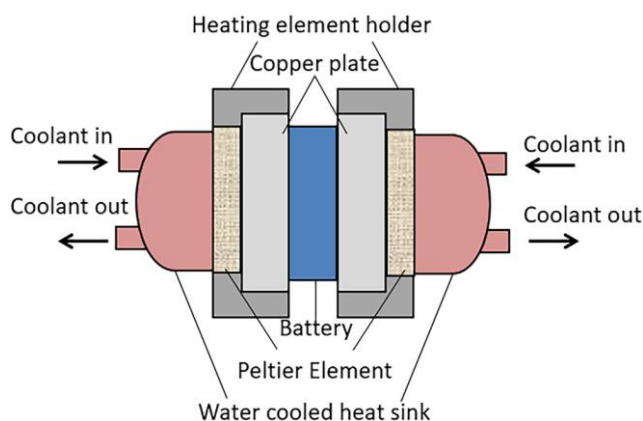


Фиг. 6. Схематична диаграма на батерии, при които термичният мениджмънт се базира на композитен материал за промяна на фазата (CPCM).

Други методи за нагряване

Използвани са и други методи за нагряване на литиево – йонни батерии, като се използва елементи на Пелтие или топлинни тръби.

Чрез сравняване на различни методи за нагряване на литиево-йонни батерии, може да се установи, че учените са дали принос за осигуряване на нормална работа на LIB на EV при ниски температури от множество гледни точки, като консумация на енергия, отопление, температура, скорост на нагряване, еднородност на температурата вътре в батерията, простота на структурата на отоплителното устройство. Може да се намери, че методът с периодично самонагряване LB (SHLB) е най-добрият за осигуряване на еднородност на температурата вътре в LIBs, което е обещаващо.



Фиг. 7. Структурна схема на нагряване с елементи на Пелтие [28].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Едно основно ограничение на производителността на литиево-йонните батерии е тяхната зависимост от температурата. По този начин развитието на ефективна система за термичен мениджмънт BTMS е от решаващо значение за поддържане на експлоатацията на батерията в оптималния температурен диапазон.

1. Методът на въздушно загряване изисква използването на вентилатори, въздуховоди и други. Цялата система е относително голяма и ефективността на топлинния трансфер е ниска.
2. Методът на течено загряване не изисква вентилация и въздуховоди, но изисква помпи, тръби и други. Използването на течност подобрява ефективността на топлинния трансфер. При този метод остава рискът от теч в системата.
3. Методът на електричното нагряване е сравнително прост и ефикасен. Той е и най-често използвания.

REFERENCES

- [1] Tarascon JM, Armand M. Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries. *Nature* 2001;414(6861):359e67.
- [2] Nitta N, Wu F, Lee JT, Yushin G. Li ion battery materials: present and future. *Mater Today* 2014;18(5):252e64.
- [3] Jaguemont J, Boulon L, Dube Y. A comprehensive review of lithium-ion batteries used in hybrid and electric vehicles at cold temperatures. *Appl Energy* 2016;164:99e114.
- [4] Aneke M, Wang M. Energy storage technologies and real life applications e a state of the art review. *Appl Energy* 2016;179:350e77.
- [5] Zhang X, Kong X, Li G, Li J. Thermodynamic assessment of active cooling/heating methods for lithium-ion batteries of electric vehicles in extreme conditions. *Energy* 2014;64:1092e101.
- [6] Huang C-K, Sakamoto JS, Wolfenstine J, Surampudi S. The limits of low temperature performance of Li-ion cells. *J Electrochem Soc* 2000;17(8):2893e6.
- [7] Q. Wang, B. Jiang, B. Li, Y. Yan, A critical review of thermal management models and solutions of lithium-ion batteries for the development of pure electric vehicles, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 64 (2016) 106–128, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.033>.
- [8] J. Jaguemont, N. Omar, M. Abdel-Monem, P. Van den Bossche, J. Van Mierlo, Fast-charging investigation on high-power and high-energy density pouch cells with 3D-thermal model development, *Applied Thermal Engineering* 128 (2018), <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.09.068>.
- [9] J. De Hoog, J. Jaguemont, M. Abdel-Monem, P. Van Den Bossche, J. Van Mierlo, N. Omar, Combining an electrothermal and impedance aging model to investigate thermal degradation caused by fast charging, *Energies* 11 (4) (2018), <https://doi.org/10.3390/en11040804>.
- [10] Zhang C, Jiang J, Gao Y, Zhang W, Liu Q, Hu X. Charging optimization in lithium-ion batteries based on temperature rise and charge time. *Appl Energy* 2017:194.
- [11] Jaguemont J, Boulon L, Dube Y, Martel F. Thermal management of a hybrid electric vehicle in cold weather. *IEEE Trans Energy Convers* 2016;31(3):1110e20.
- [12] Yu-tao H, Zhong-hao R, Jia-teng Z, Chen-zhen L. Research development of

battery thermal management at low temperature. *Adv New Renew Energy* 2015;3(1):53e8.

[13] Rao Z, Wang S. A review of power battery thermal energy management. *Renew Sustain Energy Rev* 2011;15(9):4554e71.

[14] Chen Z, Xiong R, Lu J, Li X. Temperature rise prediction of lithium-ion battery suffering external short circuit for all-climate electric vehicles application. *Appl Energy* 2018;213:375e83.

[15] Joris DH, Joris J, Mohamed AM, Peter VDB, Joeri VM, Noshin O. Combining an electrothermal and impedance aging model to investigate thermal degradation caused by fast charging. *Energies* 2018;11(4). 804.

[16] Ouyang D, Chen M, Huang Q, Weng J, Wang J. A review on the thermal hazards of the lithium-ion battery and the corresponding countermeasures. *Appl Sci* 2019;9(12):2483e528.

[17] Xiaoqing Z, Zhenpo W, Hsin W, Cong W. Review of thermal runaway and safety management for lithium-ion traction batteries in electric vehicles. *J Mech Eng* 2020;56(14):91e118.

[18] De Santoli L, Paiolo R, Lo Basso G. An overview on safety issues related to hydrogen and methane blend applications in domestic and industrial use. *Energy Procedia* 2017;126:297e304.

[19] Wu W, Wang S, Chen K, Hong S, Lai Y. A critical review of battery thermal performance and liquid based battery thermal management. *Energy Convers Manag* 2019;182:262e81.

[20] Lei Z, Maotao Z, Xiaoming X, Junkui G. Thermal runaway characteristics on NCM lithium-ion batteries triggered by local heating under different heat dissipation conditions. *Appl Therm Eng* 2019;159:113847.

[21] Al-Zareer M, Dincer I, Rosen MA. A novel approach for performance improvement of liquid to vapor based battery cooling systems. *Energy Convers Manag* 2019;187:191e204.

[22] Al-Zareer M, Dincer I, Rosen MA. A novel phase change based cooling system for prismatic lithium ion batteries. *Int J Refrig* 2017;86:203e17.

[23] Lei Z, Chengning ZHANG, Li J, Fan G, Lin Z. Preheating method of lithium-ion batteries in an electric vehicle. *J Mod Power Syst Clean Energy* 2015;3(2):289e96.

[24] Lei Z, Zhang Y, Lei X. Improving temperature uniformity of a lithium-ion battery by intermittent heating method in cold climate. *Int J Heat Mass Tran* 2018;121:275e81.

[25] Jiang J, Ruan H, Sun B, Wang L, Gao W, Zhang W. A low-temperature internal heating strategy without lifetime reduction for large-size automotive lithium-ion battery pack. *Appl Energy* 2018;230:257e66.

[26] Yang X-G, Liu T, Wang C-Y. Innovative heating of large-size automotive Li-ion cells. *J Power Sources* 2017;342:598e604.

[27] Xia G, Cao L, Bi G. A review on battery thermal management in electric vehicle application. *J Power Sources* 2017;367:90e105.

[28] Troxler Y, Wu B, Marinescu M, Yufit V, Patel Y, Marquis AJ, et al. The effect of thermal gradients on the performance of lithium-ion batteries. *J Power Sources* 2014;247:1018e25.

REVIEW OF THERMAL MANAGEMENT SYSTEMS FOR COOLING OF BATTERY-ELECTRIC VEHICLES¹⁰

Petar Pavlov – PhD Student

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 883 324 432
E-mail: petar.k.pavlov@gmail.com

Assoc. Prof. Petko Mashkov, PhD

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Phone: +359 82888 218
E-mail: pmashkov@uni-ruse.bg

Abstract: *This paper reviews the thermal management systems for the batteries powering electric vehicles. The heat generation and temperature distribution influences the output of the Lithium-ion batteries. An optimization of the battery thermal management by controlling the operational temperature in optimal range effects the durability and overall performance and safety of the batteries and the vehicle as a way to travel.*

Keywords: *Thermal Management, Lithium-ion batteries, cooling, source of energy*

ВЪВЕДЕНИЕ

Хибридните електрически превозни средства (Hybrid electric vehicles - HEV) и изцяло електрическите превозни средства с батерия (Battery-powered electric vehicles - BEV) имат сравнително малък дял от масовите превозни средства. Причините за относително бавното разпространение на електрическите превозни средства са свързани със сложността на съхранението и използването на енергийните източници по време на движение. Батериите като енергиен източник са чувствителни на налягане, вибрации и температура.

Разгледани са методи за охлаждане както и техните предимства и предизвикателства, свързани с приложението им.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Методи за охлаждане на литиево – йонни батерии

Батериите при висока температура трябва да бъдат охладени, за да се увеличи запази „здравето“ им и се осигури номиналната производителност. Предложени са различни методи, включително въздушно охлаждане, течено охлаждане и РСМ охлаждащи технологии.

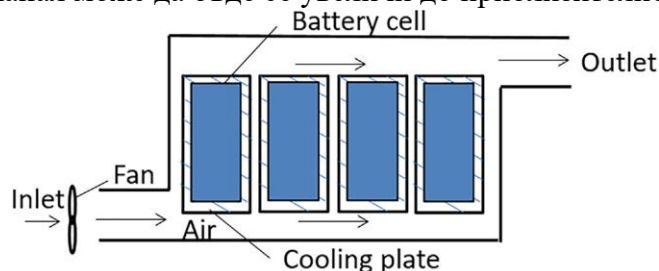
Въздушно охлаждане

Въздушното охлаждане е най-широко използвания метод за разсейване на топлината за акумулаторни пакети, чрез директно използване на движението на въздуха около движещата се кола за провеждане на естествена конвекция или чрез генериране на принудителен въздушен поток чрез работа на вентилатор (фиг. 8). Естествената конвекция има очевидни предимства на простота и ниска цена, като същевременно има и недостатък на по-слабия капацитет за разсейване на топлината поради неконтролируемия въздушен поток. Принудителната конвекция от вентилатор е по-надеждна и по-лесна от естествената конвекция, следователно става и по-често срещан метод за охлаждане на батерията. Въпреки

¹⁰ Докладът е представен на студентската научна сесия на 19 Май 2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: ПРЕГЛЕД НА СИСТЕМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТОПЛИНАТА ЗА ОХЛАЖДАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛИ.

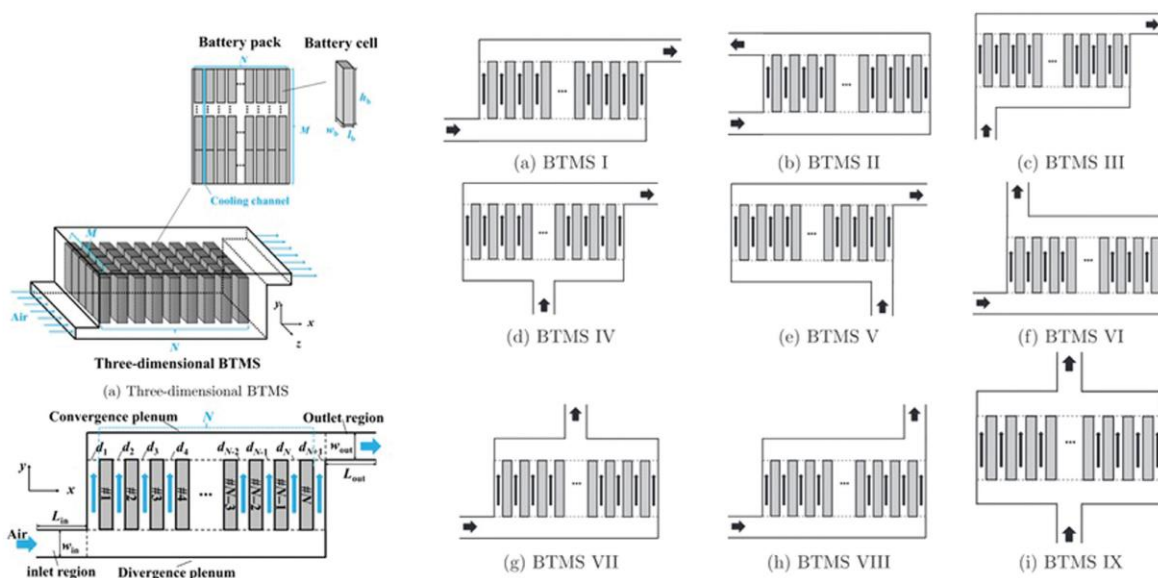
това, общ проблем за принудителната конвекция е температурната неравномерност в клетката.

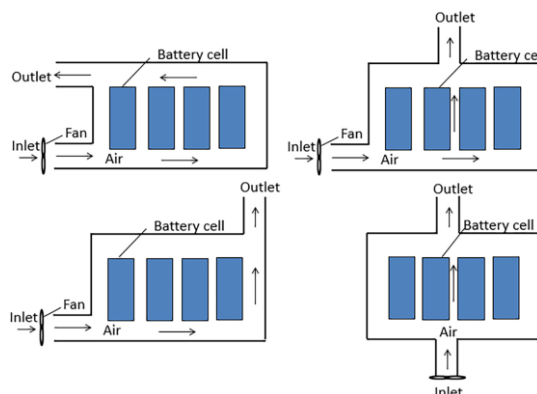
Изследователи от различни страни са провели различни оптимизации за подобряване на еднородността на температурата чрез различни конфигурации на въздушния поток, като се вземат предвид особеностите на клетката [1]. Поради характеристиките на самия въздух, неговият охлаждащ ефект има определени ограничения. Установено е, че геометричната форма на входния и изходния канал играе важна роля в равномерността на потока на охлаждащия канал, което значително влияе върху еднородността на температурата на LIBs. Въз основа на основния z – тип поток, площта на охлаждащата повърхност на канала е увеличена с поставяне на гофрирани ленти между охлаждащите плочи в батерията (фиг. 1), като по този начин се подобрява еднородността на температурата на батерия. Ефективността на охлаждане на потока канал може да бъде се увеличи до приблизително 93 %.



Фиг. 1. Въздушно охлаждане Z-поток с гофрирани листове [2].

В[3] са подобрили ефективността на въздушното охлаждане чрез проектиране на веригата на въздушния поток. В тяхната работа е изследвано влиянието на разположението на входните и изходните зони на охлаждането - фиг. 2. Техните числени резултати показва че симетричната охлаждащна система с въздушно охлаждане с вход и изход, разположен в средата на статичната камера има по-висока ефективност на охлаждане отколкото конвенционалната поточна верига от Z-тип.





Фиг. 2. Въздушно охлаждане с Z-поток на различни входни и изходни места [3].

В [4] са предложили метод за комбиниране на въздушно охлаждане с топлинна тръба за подобряване на еднородността на температурата на батериите. В експериментално тестване и симулационна проверка на 24 цилиндрични LIB показаха, че новият метод може да подобри еднородността на температурата в батерията с около 70%.

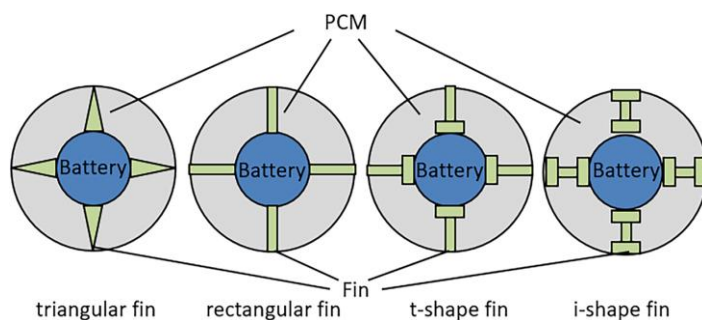
В [5] са предложили нова оптимизация на дизайна с различно разстояние за преминаване на въздуха между клетките. Целта е да се намали съпротивлението на местния канал и подобряване на неравномерната температура на всяка клетка в комплекта батерии.

Течно охлаждане

Течното охлаждане е друг често използван метод за охлаждане на LIB. Принципът му е показан на фиг. 12. В сравнение с въздушното охлаждане, течното охлаждане е по-ефективно поради по-високия топлинен капацитет на водата и по-доброто топлопренасяне. Течното охлаждане може да се класифицира като директно охлаждане и индиректно охлаждане. Директно охлаждане (като течна потапяне - охлаждане) може да охлади цялата повърхност на батерията, което значително допринася за еднородността на температурата на батериите. Директен контакт за течното охлаждане не е често срещано при охлаждането на автомобилни акумулаторни системи поради високите изисквания за водоустойчивост на акумулаторната система и опасността от електрическо късо съединение. Непрякото течное охлаждане (например тръбно охлаждане, студено охлаждане с мини/микро канали, охлаждане в кожух и др.) е привлякла вниманието на много учени поради своята предимства на по-лесно изпълнение и по-висока безопасност. Работата на охладителните устройства за цилиндрична батерия [6, 7] и пластина батерия [8, 9] имат е предложено и проучено. Освен това може да се комбинира и течное охлаждане с други методи като въздушно охлаждане [10] или топлинни тръби [11] за получаване на по-добри резултати. В момента повечето изследвания се фокусират върху оптимизиране на охлаждащите плочи чрез методи за симулация или експеримент [12, 13].

PCM (phase change materials – материали с промяна на фазата) охлаждане

PCM методът на охлаждане е подобен на този при нагряване на литиево-йонни батерии. Подходящ PCM материал трябва да се избира според различни изисквания за температурата на фазовия преход. PCM имат предимството да не изисква допълнителна енергия и недостатъците на относително сложни охладителни структури. Много учени са извършили числени симулация за метода на охлаждане на PCM за подобряване на равномерността на охлаждането [14, 15]. Устройството за съхранение на PCM също е във фокуса на изследването. В [16] са изследвали влиянието на структура на перките върху еднородността на температурата на цилиндричните батерии. Схема на структурата на перките, батерията и PCM е показана на фиг. 3.



Фиг. 3. Структура на перките, батерията и PCM [16].

Резултатите от симулациите показват, че i-образните перки биха могли да имат по-добър трансферен ефект на топлина. PCM охлаждането може също да се комбинира с течно охлаждане [17, 18] или топлинни тръби [19,20] за постигане на по-добро охлаждане.

Други проучвания също така предлагат експериментално производство на PCM, използвайки метален компонент като мед или алуминий, както е показано на Фиг. 4 на повърхност (за повече повърхностен обмен). В [21], Mallow et al., измерват въздействието на Al-пяна за PCM и са получили много добри резултати.

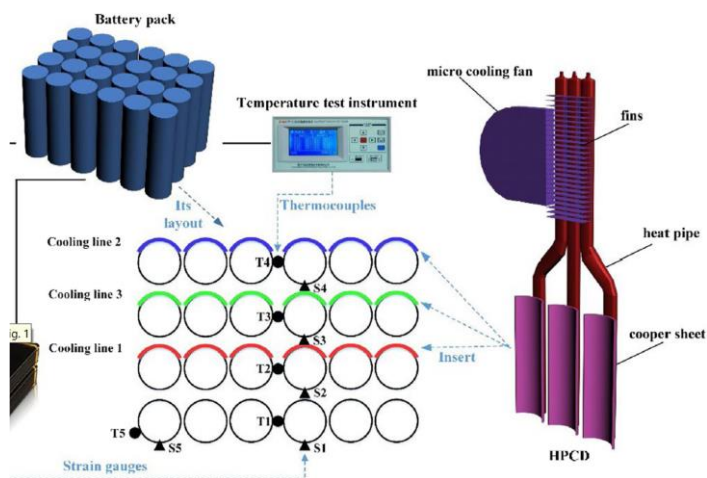


Фиг.4. Алуминиева пяна преди и след закрепването на алуминиевата плоча (вляво); PCM/CENG пяна (вдясно) [21].

Охлаждане с топлинна тръба

Топлинната тръба (НР) TMS се разглежда като начин за преодоляване на проблеми с охлаждането на батерии [22-24]. Пример за права топлинна тръба е показан на фиг. 5.

Устройството се състои от два охлаждащи модула, които имат три топлинни тръби. За увеличаване на ефективната контактна площ между клетката и НР, плоча на медна основа е заварена върху кондензационния участък на всяка топлинна тръба. Освен това, ребра са заварени върху кондензаторната секция на топлинната тръба за увеличаване на кондензацията с околната среда чрез принудителен въздух- охлаждаща среда.



Фиг. 5. Изображение на охладител с топлинна тръба[20]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Някои заключения от конвенционалните BTMS са:

1. Методът на въздушно охлаждане предлага проста конструкция, лек дизайн и икономия на енергия, но ефективността на охлаждане е ниска, и еднородност обикновено не се постига.
2. Методът на течено охлаждане има най-висока ефективност на охлаждане и предлага добра еднородност, но се нуждае от допълнителни компоненти за циркулацията на охлаждащата течност, която добавя сложност, тегло и потребление на енергия.
3. Охлаждането на базата на хладилен агент има много висока топлинна ефективност, но подобно на течното охлаждане изисква допълнителни елементи, които могат да имат голяма консумация на енергия.
4. PCM предоставя лесно за интегриране и евтино решение, но за да се извлече цялата топлина, тъй като топлинният капацитет е зависим от масата, PCM системите обикновено са тежки и обемни.
5. Системата с топлинни тръби има много висока топлопроводимост в сравнение с други пасивни техники, но малката контактна площ и обемността на системата поради наличието на секции на изпарител и кондензатор ги правят трудни за интегриране.

REFERENCES

- [1] Peng X, Ma C, Garg A, Bao N, Liao X. Thermal performance investigation of an air-cooled lithium-ion battery pack considering the inconsistency of battery cells. *Appl Therm Eng* 2019;153:596e603.
- [2] Sun H, Dixon R. Development of cooling strategy for an air cooled lithium-ion battery pack. *J Power Sources* 2014;272:404e14.
- [3] Chen K, Wu W, Yuan F, Chen L, Wang S. Cooling efficiency improvement of air-cooled battery thermal management system through designing the flow pattern. *Energy* 2019;167:781e90.
- [4] Behi H, Karimi D, Behi R, Ghanbarpour M, Mierlo JV. A new concept of thermal management system in Li-ion battery using air cooling and heat pipe for electric vehicles. *Appl Therm Eng* 2020;174:115280.
- [5] Xie Y, Li B, Hu X, Lin X, Zheng J. Improving the air-cooling performance for battery packs via electro-thermal modelling and particle swarm optimization. *IEEE Trans Transport Electrification* 2020;1e16.
- [6] Yates M, Akrami M, AAJTJoES Javadi. Analysing the performance of liquid cooling designs in cylindrical lithium-ion batteries. *J Energy Storage* 2019;100913.
- [7] Tang Z, Wang S, Liu Z, Cheng J. Numerical analysis of temperature uniformity of a liquid cooling battery module composed of heat-conducting blocks with gradient contact surface angles. *Appl Therm Eng* 2020;178:115509.
- [8] Li M, Wang J, Guo Q, Li Y, Qin G. Numerical analysis of cooling plates with different structures for electric vehicle battery thermal management systems. *J Energy Eng* 2020;146(4). 04020037.
- [9] Xie Y, Zheng J, Hu X, Lin X, Feng F. An improved resistance-based thermal model for prismatic lithium-ion battery charging. *Appl Therm Eng* 2020;180(11). 115794.
- [10] Yang W, Zhou F, Zhou H, Wang Q, Kong J. Thermal performance of cylindrical

Lithium-ion battery thermal management system integrated with mini-channel liquid cooling and air cooling. *Appl Therm Eng* 2020;175:115331.

[11] Zhang C, Xia Z, Wang B, Gao H, Chen S, Zong S, et al. A Li-ion battery thermal management system combining a heat pipe and thermoelectric cooler. *Energies* 2020;13(4):841e56.

[12] Wang C, Zhang G, Li X, Huang J, Wang Z, Lv Y, et al. Experimental examination of large capacity LiFePO_4 battery pack at high temperature and rapid discharge using novel liquid cooling strategy. *Int J Energy Res* 2018;42(3):1172e82.

[13] Chen S, Peng X, Bao N, Garg A. A comprehensive analysis and optimization process for an integrated liquid cooling plate for a prismatic lithium-ion battery module - ScienceDirect. *Appl Therm Eng* 2019;156:324e39.

[14] Parhizi Mohammad. Jain A. Analytical modeling and optimization of phase change thermal management of a Li-ion battery pack. *Appl Therm Eng* 2018;148:229e37.

[15] Hong SH, Jang DS, Park S, Yun S, Kim Y. Thermal performance of direct two-phase refrigerant cooling for lithium-ion batteries in electric vehicles. *Appl Therm Eng* 2020;173:115213.

[16] Choudhari VG, Dhoble AS, Panchal S. Numerical analysis of different fin structures in phase change material module for battery thermal management system and its optimization - ScienceDirect. *Int J Heat Mass Tran* 2020;163:120434.

[17] Cao J, Luo M, Fang X, Ling Z, Zhang Z. Liquid cooling with phase change materials for cylindrical Li-ion batteries: an experimental and numerical study. *Energy* 2020;191:116565.

[18] Hekmat S, Molaeimanesh GR. Hybrid thermal management of a Li-ion battery module with phase change material and cooling water pipes: an experimental investigation. *Appl Therm Eng* 2020:166.

[19] Putra N, Sandi AF. A BA, A NA, Mahlia TMI. Performance of beeswax phase change material (PCM) and heat pipe as passive battery cooling system for electric vehicles - ScienceDirect. *Case Stud Therm Eng* 2020;21:100655.

[20] Jiang ZY, Qu ZG. Lithium-ion battery thermal management using heat pipe and phase change material during discharge/charge cycle: a comprehensive numerical study. *Appl Energy* 2019;242:378e92.

[21] Cao J, Luo M, Fang X, Ling Z, Zhang Z. Liquid cooling with phase change materials for cylindrical Li-ion batteries: an experimental and numerical study. *Energy* 2020;191:116565.

[22] X. Yang, Y.Y. Yan, D. Mullen, Recent developments of lightweight, high performance heat pipes, *Applied Thermal Engineering* 33-34 (1) (2012) 1–14, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.09.006>.

[23] H. Zou, W. Wang, G. Zhang, F. Qin, C. Tian, Y. Yan, Experimental investigation on an integrated thermal management system with heat pipe heat exchanger for electric vehicle, *Energy Conversion and Management* 118 (2016) 88–95, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.03.066>.

[24] Q. Wang, B. Jiang, Q.F. Xue, H.L. Sun, B. Li, H.M. Zou, Y.Y. Yan, Experimental investigation on EV battery cooling and heating by heat pipes, *Applied Thermal Engineering* 88 (2014) 54–60, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.09.083>

OVERVIEW OF DESIGNING STEPS ¹¹

Mariyana Karailieva – PhD Student

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”

Tel.: 088-950-4561

E-mail: mkarailieva@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Vasko Dobrev, PhD

Department of Machine Science, Machine Elements, Engineering Graphics and Physics,
University of Ruse “Angel Kanchev”

Phone: 082 888 492

E-mail: vdobrev@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper analyzes important aspects of the design steps. The authors' team reviews specific features of some fundamental design activities. Details of different designing stages have been analyzed. The analysis of the main stages of design is especially significant because the future work of the author's team envisaged. There is the need to create a more precise methodology in order to specify the last few stages related to production. Conclusions are stated, based on the theory considered.*

Keywords: *Design process steps, Product Design, Design Theory Applications*

ВЪВЕДЕНИЕ

Това, което отличава продуктивния дизайн от другите видове решаване на проблеми, е естеството както на проблема, така и на решението. Решаването на проектен проблем е условен процес, който е подложен на непредвидени усложнения и промени, докато се развива. Проблемите с дизайн са с отворен характер и имат повече от едно правилно решение (Cross, N., 2001). В рамките на процеса на проектиране се създава продукт, при което конструкторът е отговорен за този продукт до края на неговия живот (David, G., 2010).

Целта на настоящото проучване е да даде задълбочен подход към решаване на въпросите на продуктивния дизайн и да представи общо приложение на методологията за решаване на проблеми, свързана с процеса на проектиране.

БАЗОВИ ЕТАПИ В ИНЖЕНЕРНОТО ПРОЕКТИРАНЕ

Броят на етапите на дизайна варира от 6 (Slocum, A., 2011) до 12 или повече (David G, 2010), като всеки автор акцентира върху определени аспекти от тях.

Разделянето на по-малък брой етапи води до създаване на подетапи, които от своя страна могат да взаимодействат с подетапи от други нива. Това води до създаване на допълнителни връзки между етапите и усложняване на връзките помежду им. Процесът става сложен и е трудно да се проследи връзката между основните етапи, подетапи и посоката на развитие на процеса на проектиране. За по-доброто онагледяване и дефиниране на всеки отделен етап на продуктивния дизайн, авторският екип се фокусира върху вариант, който предлага възможност за по-нагледно представяне на всеки един от тях, както и разграничаването помежду им.

Дефиниране на заданието

¹¹ Докладът е представен на студентската научна сесия на факултет „Транспортен“ през 2022 в секция „Транспорт и Машинознание“ с оригинално заглавие на български език: ПРЕГЛЕД НА ЕТАПИТЕ НА ПРОЕКТИРАНЕ.

Преди да се конструира даден продукт е много важно да се дефинира правилно заданието. Трябва да се посочат изискванията, на които да отговаря разработваният продукт, а също и ограниченията, които се налагат при неговото използване.

Не е достатъчно създаденият продукт да е правилно функциониращ. Необходимо е и да е безопасен както за хората, така и за околната среда. Основното съображение за безопасност при проектирането на продукта е да се гарантира, че използването му не причинява нараняване на хората и не води до негативни екологични последици (Golenko A., 2010).

Мозъчна атака и генериране на възможни решения

Преди задълбочаване в детайлите по създаването на проектното решение, дизайнерът трябва да се увери, че има достатъчно подходяща информация, за да се генерира ясна и недвусмислена дефиниция на проблема, която отговаря на реалната нужда.

Събирането на подходяща информация може да разкрие факти, които водят до повторно дефиниране на проблема. Може да се открият грешки и фалстартове, направени от други дизайнери. Мозъчната атака на този етап често е екипно усилие, в което хора от различни професионални области участват в генерирането на множество решения на проблема

Разглеждане на възможностите на инженерния проект

На този етап се определят спецификациите и изискванията, необходими за правилното функциониране на проектирания продукт. Правилното им определяне дава възможност да се избегне стъпка назад в бъдещите етапи на инженерното проектиране.

Създава се списък, в който се обобщават необходимите и задължителните дейности в проекта, което може да помогне да се определи приоритета на всеки елемент.

Ограничения и критерии за успех

Проектантският екип трябва да оцени всеки критерий и да реши дали той е приложим към усилията за проектиране. Няма смисъл да се включват онези критерии, които ще бъдат с относително нисък приоритет при оценката на проектните решения. Например, ако трябва да се проектира система за поддържане на живота на Международната космическа станция, критерият „трябва да бъде минимална цена“ няма да бъде включен, тъй като цената не е важен фактор при оценката на този дизайн.

Предварителните критерии не трябва да са твърде конкретни, за да позволяват гъвкавост в процеса на проектиране и да позволят предефиниране или модифициране на първоначалните критерии.

Анализ и избор на алтернативни решения

Анализ и оценка на всички алтернативни решения по дадения проект, като се определи кои от тях са най-подходящи за изпълнение. Това е изключително субективна стъпка и трябва да бъде направена от група опитни хора.

Идентифициране на критичните параметри

На този етап трябва да се идентифицират и анализират критичните параметри на дизайна и да се вземе пред вид тяхното влияние при разработване на окончателния дизайн.

Разработване на предложение за дизайн

След като се анализират избраните алтернативни решения, трябва да се определи и документира кое дизайнерско решение е най-доброто. Дизайнерът трябва да е убеден, че всички изчисления се изпълнени правилно и получените резултати са в предварително определените граници.

Ако има някаква несигурност в анализа, трябва да се направят допълнителни изследвания и анализи или, ако е възможно, да бъдат създадени и тествани работещи модели и симулации.

Изработване на прототип

Това е стъпката, в която трябва да се избере най-доброто решение и да се започне разработване на план за изпълнението му.

Такъв план трябва да подготви, за да се премине към прототипа на настоящия проект. На базата на избраното дизайнерско решение се прави прототип, който ще позволи да се тества как ще се представи крайният продукт в реалната среда.

Тук идеите се материализират. Обработването на цялата информация и прозренията, които се придобиват по време на предишните етапи на дизайна, ще се превърне в действителна машина или система, специално проектирана за решаване на поставената задача (Cross, N., 2010). Целта на прототипа е да тества проектното решение в реални условия.

Тест и оценка на прототипа

Всеки прототип се нуждае от тестване, преоценка и подобрене. Всеки нов тест и прототип могат да предоставят различни резултати. Постигането на най-добри крайни резултати и в крайна сметка - решаването на поставената задача, са основните цели. Ревизията и повторният дизайн на концепции и прототипи ще помогне да постигането на добри резултати. Тестването и оценката позволяват да се види къде са необходими подобрения.

Усъвършенстване на дизайна

След като тестването приключи, дизайнът може да бъде преработен и подобрен. Тази стъпка може да се повтори няколко пъти, докато се създават и оценяват повече прототипи.

Преди да се обмисли подобряването на дизайна, трябва да се определи какъв критерий трябва да се използва, за да се оптимизира дизайнът. Оптимизацията на проекта винаги се основава на някакъв конкретен критерий, като цена, якост, размер, тегло, надеждност, шум или производителност.

Създаване на решението

Последната фаза на процеса на проектиране е внедряването, което се отнася до тестване, изграждане и производство на решението на проектния проблем.

Трябва да се вземат предвид няколко метода за внедряване, като например прототипиране и едновременно инженерство, както и отделни дейности, които възникват по време на внедряването, като например документиране на дизайнерското решение и кандидатстване за патенти (Cross, N., 2010).

Разпространение на резултатите

Много перфектни проекти и изобретения са загубени просто защото авторът не е могъл или не е искал да обясни своите постижения на другите (David, G., 2010).

Последният етап е да се съобщят резултатите. В зависимост от размера на проекта, тези отчети може да са дълги, подробни технически доклади, съдържащи графики, диаграми и инженерни чертежи или могат да бъдат под формата на презентация, постер или комбинация от методи. Мултимедийните техники, включително презентации на Power Point, слайдове, видеоклипове и компютърно генерирани анимации, често се използват за ясно съобщаване на решението.

Пълната документация позволява на завършения продукт да бъде произведен в съответствие с изискваните стандарти за качество и безопасност.

ИЗВОДИ

Представените етапи не е наложително да бъдат следват един след друг, но дават възможност да се разбере до къде е стигнал процесът и какви стъпки предстоят.

Когато се решава проблем с дизайна, може да се открие, че във всеки един етап от процеса на проектиране е възможно да се наложи връщане към предишна стъпка. Решението,

което е избрано, може да се окаже неработоспособно поради редица причини и може да изисква предефиниране на проблема, събиране на повече информация или генериране на различни решения, които отговарят на реалната нужда. (Pahl, G. & Beitz, W., 2007).

Етапите на развитие на продуктивния дизайн са обект на много научни публикации. В повечето случаи резултатите са представени като блок-схеми, позволяващи връщане назад, предефиниране на поставената задача и произтичащите от това нови ограничения и алтернативни решения.

Извършеният анализ на основни етапи на проектирането е важен за бъдещата работа на авторския екип поради необходимостта от създаване на уточнена методика в конкретизирането на последните няколко етапа, свързани с производството.

REFERENCES

David, G. (2010). Psychology, 8th Edition in Modules. Worth Publishers, 756 pages.

Golenko, A. (2010), *Fundamentals of Machine Design*, Wroclaw University of Technology, 175 pages.

Nigel, C. (2001). *Engineering Design Method-Strategies for Product Design*, The Open University, Milton Keynes, UK, 3rd Edition, 214 pages.

Pahl, G. & Beitz, W. (2007). *Engineering Design. A Systematic Approach*. Springer, 751 pages.

Slocum, A. (2011). *Shigley's mechanical engineering design*, 9th Edition, The McGraw-Hill Companies Inc, 1109 pages.

STUDY OF TRANSPORT WORK AND ORGANIZATION IN A COURIER COMPANY "SPEEDY"¹²

Eng. Yalchin Hasanov – Student

Department of Transport,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Phone: 0895898991
E-mail: ylcin@abv.bg

Assoc. Prof. Asen Asenov, PhD

Department of Transport,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Phone: 0888870035
E-mail: asasenov@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper reviews the organization of a proven company "SPEEDY" during period of epidemic and great competition due to the increase in the number of courier companies, due to the fact that many more people begin to use courier services and the existing companies cannot fulfill all requests and enterprising people start to register more courier companies.*

The solutions of a socially responsible and proven company are examined, how it manages to attract new customers, with what solutions and how it retains its existing customer base with attractive and innovative solutions while continuing to increase its revenues.

Keywords: *Efficiency, Effectiveness, Courier Company, Optimization, innovative solutions, income*

ВЪВЕДЕНИЕ

Куриерската услуга е вид пощенска услуга, но с някои особености, което естествено се отразява на цената ѝ. Логиката е, че куриерската услуга гарантира по-голяма бързина и надеждност. Куриерската услуга се отличава от обикновената пощенска такава по това, че включва приемане, пренасяне и доставяне на пратка лично на получателя. Всяка куриерска служба работи на принципа на договор с общи условия със своите клиенти, като договорите са достъпни както на интернет страниците на куриерите, така и във всеки офис на съответната фирма.

Факт е, че броя на куриерските фирми в България се увеличава и това се дължи на това, че хората все повече започват да се възползват от тази услуга и съществуващите фирми не могат да приемат всичките заявки и поради тази причина предприемчивите хора започват да регистрират все повече куриерски фирми. Така след като броят на куриерските услуги нараства, следователно изборът на хората също нараства, защото конкуренцията дава възможност на куриерските фирми да бъдат по-коректни и точни като се борят за клиентите си и така подобряват предлаганите услуги от тях и се стремят да бъдат по-точни.

В България куриерската дейност е законово регламентирана от Закона за пощенските услуги, [6], като лицензиите се издават от Комисията за регулиране на съобщенията, която е отговорна за създаване на една конкурентна среда за развитието на пощенските услуги, прилагане на най-добрите регулаторни практики и спазването на законодателството в сектора, [5]. Независимо от форсмажорните обстоятелства белязали изминалата година, Комисията е разгледала 468 сигнали от потребители на пощенски услуги, извършила е 309 инспекторски проверки и е издала 35 наказателни постановления за нарушения на законодателството в областта на пощенските услуги. В следващите 2 таблици са показани новите участници на пазара, Табл.1 и приходите от 2018г. до 2020г, Табл.2 [1].

¹² Докладът е представен на студентската научна сесия на 19 Май 2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език:: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТРАНСПОРТНА РАБОТА И ОРГАНИЗАЦИЯ В КУРИЕРСКА ФИРМА „СПИДИ“.

Таблица 1 Издадени лицензии и удостоверения по ЗПУ

Издадени лицензии и удостоверения по ЗПУ	Брой лицензирани/регистрирани оператори през 2020 г.
Лицензии за УПУ и услугите от обхвата на УПУ	14
Лицензи за пощенски парични преводи	37
Вписани в регистъра на оператори, извършващи неуниверсални пощенски услуги	184

Таблица 2 Приходи от пощенски услуги

Пощенски услуги	Приходи (млн. лв.)		
	2018 г.	2019 г. ³	2020 г.
1. Универсална пощенска услуга и услуги от обхвата на УПУ	105.4	87.2	43.2
2. Неуниверсални пощенски услуги	361.4	477.4	592.1
ОБЩО	466.8	564.6	635.3

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Обща характеристика на компанията „Спиди” АД

Спиди е една от най-големите български компании на пазара на куриерски услуги с пазарен дял от над 25,5%. Компанията е основана през 1998 г. и от създаването си досега се развива до корпоративна структура с над 1400 човека персонал и над 1000 транспортни средства. Спиди обслужва над 700 000 клиента и 25 млн. пратки годишно, което е възможно благодарение на логистичната мрежа, покриваща 100% от територията на страната с над 550 офиса и автоматични пощенски станции. Компанията непрестанно инвестира в иновации, подобрене на качеството и развитие на нови продукти и услуги, които помагат за оптимизиране на бизнеса на клиентите, [7].

Целите на Спиди като всяка една куриерска фирма са да запази водещата позиция в областта на куриерските услуги на вътрешния пазар, да се превърне в регионален лидер в куриерския бизнес на Балканите, да отговаря на потребностите на клиентите си и да поддържа имидж на социално отговорна компания. Компанията се е фокусирала изцяло в предоставянето на куриерски услуги. Приходите са изцяло от доставките на пратки, палети и свързани с тях услуги – парични преводи/наложени платежи, продажби на активи и др. Фокусът на компанията позволява да се запазят и развият конкурентните предимства в един бързоразвиващ се пазар, като се разширява портфолиото от услуги, които да привличат нови клиенти. През последните години Спиди се насочва към обслужването на растежа в обемите на пратки от електронната търговия, както и грижата за крайните клиенти – получатели на тези пратки, [3].

2. Организация на компанията и взети решения

Почти всички офиси на “Спиди” са разположени на партер /приземен етаж/, с цел по лесна доставка на тежките пратки. Офисите са обзаведени с офис мебели и необходимата техника. В тях работят следните служители:

- Диспечер – дава заявките на куриера от неговия офис;
- Старши куриер – дава заявките на куриерите, замества отсъстващ куриер, приключва товарителниците;
- Куриер в офис – работи с клиенти, приема пратки и дава такива, които са били “до поискване”;
- Куриери пешаци – куриер с бус, с ЛМПС /лично моторно превозно средство/;
- Отчетник – отчита всяка вечер куриерите в зависимост какви пари са взимали по куриерски услуги, по застраховка или наложен платеж.

Всички пратки на Спиди се събират в централен склад, който е в София и след това тръгват по дестинациите си в областните градове, където им се намират складовете и офисите. Относно за град Русе от съответния централен склад всичките пратки се разпределят по офисите. Централеният склад на Спиди се намира в „адрес бул. България 310“, от този склад стоките се разпределят по квартали(райони), в които има офиси и от там по куриерите, които ги доставят на крайния получател.

Вирусната епидемия и свързаното с нея извънредно положение променят ситуацията при куриерската дейност. Въведените в средата на март 2020 г. ограничения върху придвижването на населението и наложеното затваряне на фирми и заведения за обществено ползване продължава два месеца. Голям брой предприятия изцяло или частично продължават своите операции дистанционно като служителите са принудени да работят от домовете си. Обемът и начина на дейност на предприятията и промяната на социалната активност значително се променя, съответно и средата и условията, в които Спиди АД извършва своята дейност. Основното предизвикателство през 2020 г. и 2021г. е да се продължи да се изпълнява обичайната дейност при запазване здравето на служители и клиенти. За целта е създадена работна група по мерките за превенция и работата в условията на епидемия, която в кратки срокове е приела изключително строги правила за хигиена и превенция срещу разпространение на заразата и процедури за работа при новите условия. Следвало се е стриктно за тяхното спазване и са налагани санкции при нарушения. Всички служители са разполагали с необходимите средства за защита – маски, шлемове, ръкавици, препарати за дезинфекция. Тези мерките се оказват изключително успешни, понеже не се регистрира повишена заболяемост и се избягва избухването на огнища на зараза, което позволява да се поддържа обичайната динамика на работа без нито едно прекъсване на логистичните вериги, [2]. С настъпилите промени в отношенията с клиентите в Спиди се налага да се извършат и промени по отношение на персонала, (Табл.3).

Таблица 3. Средногодишен брой на заетите лица по категории до 2020 година

	2018г.	2019г.	2020г.
Ръководители	96	42	43
Специалисти	55	58	60
Техници и приложни специалисти	139	200	219
Помощен адм. Персонал	93	114	115
Машинни оператори и монтажници	98	118	145
Без професионална квалификация	660	832	943
Други	4	4	3
Общо, персонал	1145	1368	1528

За периода 2018-2020 г. общият брой на работещите се увеличава от 1145 на 1528, което е с 33% за две години. Нарастването, според Табл.3, се дължи основно на броя на нискоквалифицирания персонал и приложните специалисти. В същото време се наблюдава двойно намаление на броя на ръководителите, при което се прави сериозна реорганизация и се освобождават високоплатени специалисти, понеже онлайн търговията се увеличава.

Силно влияние оказват и онлайн магазините на съседните страни, като румънските платформи. Налага се да се предлагат комплексни услуги при ниски или приемливи тарифи за да бъдат удовлетворени клиентите. Това от своя страна изисква по-голям брой работници на ниските нива и затова в Табл.3 се откроява нарастване на този персонал, [3].

Спиди въвежат нова система за тарифиране, която да улесни клиентите при оценка на ценовите предложения. Прилага се Смарт контрол и Предикт, които дават на клиентите предвидимост на доставките и им позволяват активно да ги управляват. През последните две години основната част от офисите се преоборудват по корпоративния стандарт. За подобряване на работата и удовлетвореността на клиентите са въведени показатели за следене на качеството на клиентското обслужване. Така се подобрява комуникацията с клиентите и получава обратната връзка за нивото на удовлетвореност. Всеки клиент се уведомява че ще получи пакета и след това като я получи има възможност да изрази своята удовлетвореност от услугата.

Спиди се бори да бъде една социално отговорна компания, която се стреми да запазва околната среда поради това търси иновативни решения за транспорт на стоките. През 2019 г. започва да експериментира доставки с триколесни електрически велосипеди, а през 2020 г. придобива пакстъри, малки електрически транспортни средства, които постигат добра ефективност при доставката до адреси, фиг.1. Електрическите транспортни средства имат важен екологичен ефект, понеже не причиняват замърсяване на въздуха, както и шумово замърсяване в мястото в което работят. Същевременно са малки и маневрени и особено подходящи за централните градски части, туристически части от градовете с тесни улици, места съ забрани за автомобили с ДВГ, където често има трудности с паркиране и преминаване в определени зони. Те са специално проектирани за улесняване на нуждите на куриерите. Пакстърите могат да поберат около 240 килограма полезен товар. С едно зареждане на батерията превозното средство изминава над 100 km, без никакви вредни емисии. Максималната скорост на машината е 60 km/h, [3].



Фиг. 1. Пакстър

3. Приходи и разходи

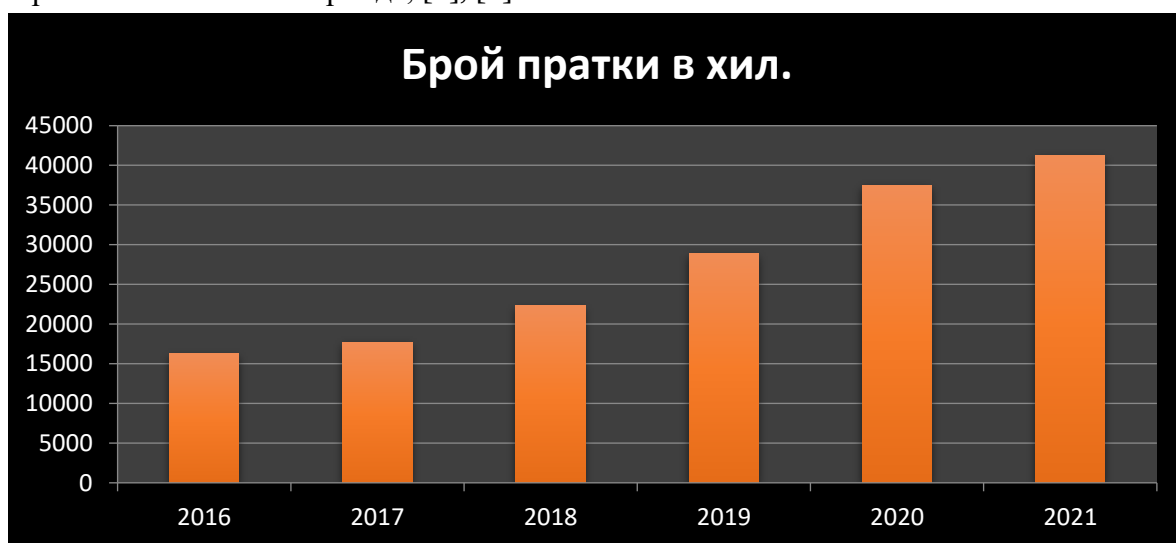
Приходите на компанията през последните две години нарастват сериозно, като за година са над 20% общо, Табл.4. За цялата 2021 година, компанията запазва високи темпове на развитие и отчита 20.7% увеличение на приходи от куриерски услуги до 216 млн. лв. По големите приходи са от вътрешния пазар, който е около 80%, понеже основната дейност на фирмата е в страната.

Трябва да се отбележи, че международните доставки нарастват и започват да увеличават своя дял. Това може да се дължи на засилената активност на онлайн магазините в страните от Централна и Югоизточна Европа, [8].

Таблица 4 Структура на приходите

В хил. лв.	2019	2020	2021	Промяна 20/19	Промяна 21/20
Вътрешен пазар	119 849	140 794	170 063	17.5%	20.8%
% от общите приходи	80.4%	78.5%	78.6%		
Външен пазар	22 586	32 422	40 434	43.5%	24.7%
% от общите приходи	15.1%	18.1%	18.7%		
Други	6 664	6 076	5 898	-8.8%	-2.9%
% от общите приходи	4.5%	3.4%	2.7%		
Брой превозени пратки	28 880	37 525	41 243	29.9%	9.9%
Общо приходи	149 099	179 292	216 395	20.3%	20.7%

Броят превозени пратки за 2021 г. надмива 41 млн. броя, което е с 10% повече от предходната година, фиг.2. За да може да се справи с основната си дейност Спиди АД се налага да наемат допълнителни автомобили, за което се изразходват допълнителни средства в размер на 4.4 млн. лв. за периода, [8], [4].



Фиг. 2. Брой пратки

През последните години разходите за гориво нараснаха поради 33% увеличение на цената на горивото. Изменението на цените на горивата няма съществено отражение върху финансовия резултат, тъй като цената на горивото, чрез допълнителната такса гориво, е компонент в общата цена за клиента. По-високата цена на горивото кореспондира с увеличение на крайната цена за клиента и обратно, [8]. Разходите по вид са представени в Табл.5.

Таблица 5 Структура на разходите

В хил. лв.	2019	2020	2021	Промяна 20/19	Промяна 21/20
Разходи за материали	7 064	8 590	9 686	21.6%	12.8%
Разходи за външни услуги	72 170	87 691	108 413	21.5%	23.6%
Разходи за персонал	33 066	42 921	53 476	29.8%	24.6%
Други оперативни разходи	2 094	2 879	2 957	37.5%	2.7%
Разходи за амортизации	13 434	14 748	17 247	9.8%	16.9%
EBITDA	34 706	37 211	41 863	7.2%	12.5%
Нетна печалба за периода	17 732	22 510	29 980	26.9%	33.2%

От всички разходи най-голям е този за външни услуги от 108 млн. лв за 2021г. следват от този за персонал с 53 млн. лв.

EBITDA маржин достига с малко изменение 41,8 млн. лв., Табл.5, въпреки това ръстът на нетната печалба е значително по-висок на годишна база, в размер на 29,980 млн. лв., или с 33,2% [8].

ИЗВОДИ

От цялостната работа и организация на компанията, „Спиди“ АД става ясно, че за да се поддържа цялата услуга на високо ниво винаги фирмите трябва да обръщат внимание на новостите и иновациите на времето за да могат да се интегрират с тях и да подобрят услугите си до максимално ниво. В случая компанията постоянно подобрява съществуващите си услуги и добавя нови такива към тях като се опитва да улесни работата на съществуващата им клиентска база и на новите клиенти, които решат да се възползват от предлаганите услуги. Една от иновациите в транспорта е въвеждането на електрически превози средства *Пакстър* за доставки на пратки до крайния клиент.

Добрата организация на работа във фирмата и високо качество на предлаганите куриерски услуги позволяват на фирмата да разшири своята дейност през последните години в резултат на което приходите за цялата 2021 година да достигнат 216 млн. лв., броят на превозените пратки да надмине 41 млн. броя, и печалбата на нарастне с 33,2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Annual Report of the Communications Regulatory Commission published in 2020. **(Оригинално заглавие:** Годишен доклад на Комисията за регулиране на съобщенията публикувана през 2020-та година), <https://crc.bg/bg/rubriki/34/godishni-dokladi-na-krs>;
2. Annual report on the activity of the Bulgarian Post from the year 2020. **(Оригинално заглавие:** Годишен доклад за дейност на Българските пощи от 2020-та година) <https://www.bgpost.bg/bg/191>;
3. Speedy's 2020 Annual Activity Report. **(Оригинално заглавие:** Годишен доклад за дейност на Спиди от 2020-та година), <https://speedy.bg/bg/financial-reports?year=2020>;
4. Speedy's 2020 annual financial report. **(Оригинално заглавие:** Годишен финансов отчет от 2020 година на Спиди), <https://speedy.bg/bg/financial-reports?year=2020>;
5. Report on the analysis of postal services in the country by the Communications Regulatory Commission published in 2020. **(Оригинално заглавие:** Доклад за анализ на пощенските услуги в страната от Комисията за регулиране на съобщенията публикувана през 2020-та година), <https://crc.bg/bg/rubriki/34/godishni-dokladi-na-krs>;
6. Postal Services Act. **(Оригинално заглавие:** Закон за пощенските услуги);
7. Information from Speedy's website. **(Оригинално заглавие:** Информация от сайта на Спиди), <https://speedy.bg/bg/>;
8. First, second, third, fourth quarter of 2021 at Speedy. **(Оригинално заглавие:** Първо, второ, трето, четвърто тримесечие от 2021 година на Спиди), <https://speedy.bg/bg/financial-reports?year=2021>;
9. Article by Gergana Dimitrova on How to create a courier company, published on 04/21/2021. **(Оригинално заглавие:** Статия от Гергана Димитрова на тема Как да създам куриерска фирма, публикувана през 21.04.2021г.), <https://gmpconsult.bg/%D0%BA%D1%83%D1%80%D0%B8%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8-%D1%83%D1%81%D0%BB%D1%83%D0%B3%D0%B8/>;

10. Article by Violina Grigorova on What should I know about courier services? Published on 08.03.2018. (**Оригинално заглавие:** Статия от Виолина Григорова на тема Какво трябва да знам за куриерските услуги? Публикувана през 08.03.2018г.), <https://pravatami.bg/6031>.

PASSENGER VEHICLE DESIGN¹³

Vladislav Tonchev – Student

Department of Engines and Vehicles,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: +359 988 72 48 44
E-mail: ton4ev.vl@abv.bg

Assist. Prof. Ahmed Ahmed, PhD

Department of Engines and Vehicles,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: +359 082-888 527
E-mail: aahmed@uni-ruse.bg

Abstract: The paper describes of a vehicle design for five passengers with a top speed of 200 km/h. Design includes engine selection, transmission gear ratios and vehicle weight calculations. Through a graphical presentation of the vehicle's power balance, we will verify the vehicle's top speed.

Keywords: Passenger vehicle, Design, Top speed

ВЪВЕДЕНИЕ

Автомобилите намират широко приложение във всички отрасли на икономиката. Конструкциите им се развиват в посока към все по-голяма приспособеност към всеки вид дейност (работа, операция) и условия на експлоатация. Автомобилът трябва да отговаря на всички еко-норми като същевременно с това да не се губи от динамичността си. Основните тенденции в развитието на автомобилния транспорт като цяло се свеждат до две групи причини - икономически и социални.

Икономическите причини довеждат до намаляване на разхода на гориво поради глобалното изчерпване на природните богатства и други фактори. Социалните причини обуславят тенденциите за активна, пасивна и ефективна безопасност на хората, както и на комфорт, удобство и максимална ефективност при пътуване.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Подбиране на теглото на автомобила

Общото тегло на автомобила G се определя въз основа на предназначението му и предписаната товароносимост. Товароносимостта на товарните автомобили зависи от вида и количеството на товара, който може да се постави в каросерията, а за леките автомобили – от броя на пътниците.

Общото тегло на автомобила се изчислява по формулата (Lyubenov, S., Angelov, B. & Evtmov, I., 2013):

$$G = G_0 + G_T = (1 + k_T) \cdot G_T, N \quad (1)$$

$G_0 = k_T \cdot G_T$ е собственото тегло на автомобила в заредено състояние с необходимите инструменти и запасни части (теглото на празен автомобил);

G_T – товароносимостта на автомобила (теглото на полезния товар заедно с пътниците и водача);

$k_T = G_0 / G_T$ - коефициент на товароносимост на автомобила;

¹³ Докладът е представен на студентската научна сесия на 2022 в секция..... с оригинално заглавие на български език: ПРОЕКТИРАНЕ НА ЛЕК АВТОМОБИЛ.

За леки автомобили се приема $k_T=(2,5\div3,5)$, като долната граница се отнася за малолитражните, а горната граница – за автомобилите с голям литраж.

Приемам $k_T=2,5$. След заместване във формула 1, общото тегло $G = 14,875 \text{ kN}$.

Подбиране на гумите на автомобила

Гумите на автомобила се подбират по нормалното натоварване (теглото), което при статично положение се пада на едно колело. Отчитат се също предназначението на автомобила, максималната скорост на движение и пътните условия.

Върху гумата фабрично са означени размерите b и d в милиметри и цолове, където b е ширината на профила на гумата. За обикновените автомобилни гуми $h \approx b$. За нископрофилните автомобилни гуми височината на профила h се дава в % от ширината b .

Проектиран автомобил: 205/55 R16.

За избраните гуми радиусът на колелата се определя по формулата (Lyubenov, S., Angelov, B. & Evtimov, I., 2013):

$$r_k=(d/2+\lambda.h), \text{ mm} \quad (2)$$

d е диаметър на джантата, mm;

λ – коефициент на радиална деформация на гумата; $\lambda=0,8\div0,9$. Приемам $\lambda = 0,8$

h – височина на профила на гумата, $h=0,55.b$, mm.

След изчисляване по формула 2, $r_k=293 \text{ mm}$.

Механични загуби в трансмисията

Механичните загуби се пораждат от триенето в зъбните колела, в лагерите и уплътненията, в кардановите предавки и от разплискването на маслото в картерите при въртене на частите. Част от тези загуби – от триенето в зъбните колела, лагерите и кардановите съединители – зависят от натоварването на трансмисията, което се създава от предавания през нея въртящ момент на двигателя, и се наричат загуби при натоварване.

Останалите загуби – от триенето в уплътненията и от разплискването на маслото в картерите – не зависят от предаването през трансмисията натоварване и се наричат загуби на празен ход. Това са главно хидравлични загуби, които зависят само от скоростта на въртене на частите и от температурата на маслената среда. Те са еднакви и при натоварена трансмисия, и при въртенето ѝ на празен ход.

Механичният к.п.д. на трансмисията се изразява с произведението:

$$\eta_M=\eta_X.\eta_H \quad (3)$$

η_X е к.п.д., който отчита загубите в трансмисията на празен ход;

η_H – к.п.д., който отчита загубите в трансмисията при натоварване;

След отчитане на отделните елементи, които участват в предаването на движението и заместване във формула 3, $\eta_M=0,88$.

Подбиране на двигателя на автомобила

Двигателят на проектирания автомобил се подбира по зададената максимална скорост на движение. Излиза се от условието мощността на двигателя да осигури движение със скорост $V_{\max}=200\text{km/h}$ на директна предавка в предавателната кутия при пълно натоварване на автомобила. Такава скорост автомобилът трябва да развива на хубав път с коефициент на съпротивление от предвижване $f = (0,018\div0,02)$. Освен това е необходимо автомобилите да имат запас от динамичен фактор за преодоляване на допълнителни съпротивления от неголям наклон на пътя или от влошаване на качеството му без понижаване на максималната скорост. Поради това коефициентът на съпротивлението на пътя, при който автомобилът трябва да развива максимална скорост, се приема $\psi_V = (0,025\div0,04)$.

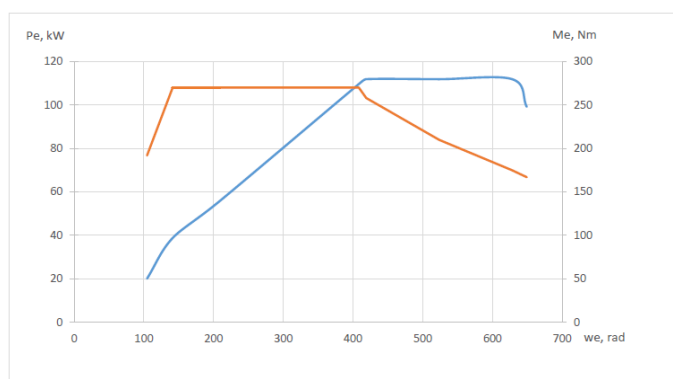
Необходимата мощност на двигателя за осигуряване на движението на автомобила при посочените условия се определя по формулата (Lyubenov, S., Angelov, B. & Evtmov, I., 2013):

$$P_v = \left(\psi_v G + k_B S \frac{V_{\max}^2}{13} \right) \frac{V_{\max}}{3,6 \eta_M}, \quad (4)$$

k_B е коефициент на съпротивлението на въздуха ($k_B = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ kNs}^2/\text{m}^4$);

По формула 4 за мощността се получава $P_v = 105 \text{ kW}$

При подбиране на двигател за проектирания автомобил по изчислената мощност P_v се определя необходимата максимална мощност $P_{\text{дmax}}$ на двигателя. Той може да съвпада с необходимата мощност или да се повиши с 5-20 %. След отчитане на различни фактори приемаме $P_{\text{дmax}} = 110 \text{ kW}$ (<https://www.automobile-catalog.com/>). След това се избира съществуващ двигател (от подобен автомобил), максималната ефективна мощност на който е равна на изчислената мощност $P_{\text{дmax}}$ или е малко по-голяма от нея. За по нататъжни изчисления набавяме външната скоростна характеристика (фиг.1) на подбрения двигател (<https://www.automobile-catalog.com/>).



Фиг. 1. Външна скоростна характеристика на двигателя

Определяне на предавателните числа в трансмисията

Предавателните числа на предавките съставлящи трансмисията могат да се подберат от съществуващи трансмисии поставени на подобни автомобили като проектирания.

При проектиране на изцяло нова трансмисия, предавателното число на централната предавка се изчислява въз основа на зададената максимална скорост на движение по формула (Lyubenov, S., Angelov, B. & Evtmov, I., 2013):

$$i_{II} = 3,6 \frac{\omega_v r_K}{V_{\max}} \quad (5)$$

ω_v е ъгловата скорост на колянвия вал на избрания двигател, която съответства на мощността P_v .

Предавателното число на първа предавка в предавателната кутия i_{K1} се определя от условието за получаване на максимален динамичен фактор $D_{1\max}$. Като се пренебрегне съпротивлението на въздуха поради малката скорост на автомобила при движение на първа предавка се получава (Lyubenov, S., Angelov, B. & Evtmov, I., 2013):

$$i_{K1} = \frac{D_{1\max} G r_K}{M_{\partial \max} i_{II} \eta_M} \quad (6)$$

Предавателните числа на междинните предавки в предавателната кутия се определят по предавателните числа на първа предавка i_{K1} и на директна предавка, на която $i_K = 1$. След направени изчисления за предавателните числа се получава: $i_{K1} = 2,88$; $i_{K2} = 2,33$; $i_{K3} = 2,17$; $i_{K4} = 1,89$; $i_{K5} = 1,24$; $i_{K6} = 1$ и $i_{II} = 3,32$.

Динамични свойства на автомобила

Силов баланс на автомобила:

Всички съпротивителни сили, които възникват при движението на автомобила, се преодоляват от движещата сила. Сумата от проекциите на движещата сила и съпротивителните сили върху повърхността на пътя при неравномерно движение на автомобила по наклон с теглително натоварване се изразява с уравнението на силовия баланс на автомобила:

$$F_k = F_f \pm F_i + F_v \pm F_a = F_\psi + F_v \pm F_a, \text{ kN} \quad (7)$$

F_k - движещата сила на колелата;

F_f - силата на съпротивление от предвижване;

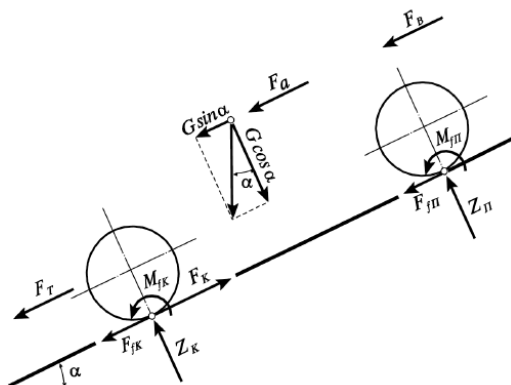
F_i - силата на съпротивление от наклона на пътя;

F_ψ - съпротивителна сила на пътя;

F_v - силата на съпротивление от въздуха;

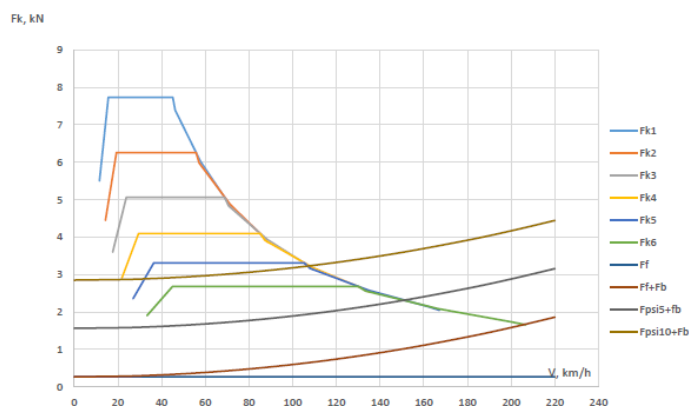
F_a - силата при ускоряване (или закъснение).

Съпротивителни сили на движението на автомобила са посочени на фигура 2.



Фиг. 2. Съпротивителни сили на движението на автомобила

Чрез избрани стойности за въртящия момент и ъгловата скорост на двигателя от външната скоростна характеристика (фиг.1), може да определим движещата сила и скоростта на автобила за всяка предавка от трансмисията. Чрез изходните данни за автомобила като тегло, челна площ, обтекаемост се определят и съпротивителните сили, които действат на автомобила. С получените резултати построяваме графично силовия баланс на автомобила представен на фигура 3.



Фиг. 3. Съпротивителни сили на движението на автомобила

Изследването на динамичните свойства продължава с графичното построяване на мощностния баланс и динамична характеристика на автомобила.

ИЗВОДИ

Проектирането на автомобил е сложен и дълъг процес, който изисква съвместна работа на специалисти от много направления. В този доклад представихме систематизиран подход за определяне на основни параметри на автомобила като двигател, предавателни числа в трансмисията, тегло на автомобила, размер на гуми, механични загуби в трансмисията и изследване на динамичните свойства на автомобила (силов баланс). За цялостно проектиране на автомобила това е недостатъчно и трябва да се пристъпи към проектиране на отделните възли и агрегати, тяхното якостно изчисление и разработване на техническа документация.

REFERENCES

Lyubenov, S., Angelov, B. & Evtmov, I., (2013). *Vehicles and tractors – operational properties*. Book. Ruse. ISBN: 978-954-712-584-1.

<https://www.automobile-catalog.com/>

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMPRESSORS USED IN CAR AIR CONDITIONING SYSTEMS¹⁴

Vanyo Georgiev – Student

Department of Engines and vehicles,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359887547878
E-mail: s194106@stud.uni-ruse.bg

Ivan Karagerov – Student

Department of Engines and vehicles,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359887945715
E-mail: s194108@stud.uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Georgi Kadikyanov, PhD

Department of Engines and vehicles,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Phone: 082-888 526
E-mail: gkadikeyanov@uni-ruse.bg

Abstract: This paper presents the main design features of compressors from automotive air conditioning systems. Depending on the purpose, the type of air conditioning system and the type of refrigerant, various compressors are built into automotive air conditioning systems. The efficiency and energy consumption of the air conditioning process in vehicles depends on the operation of the compressors. The purpose of this paper is to make a structural analysis of existing compressors in automotive air conditioning systems.

Keywords: Compressor, Valve, Refrigerant, Air conditioning systems

ВЪВЕДЕНИЕ

Хората се чувстват комфортно при определена температура и влажност на околна среда. Като съставна част от активната безопасност и благосъстоянието на водача, комфортните условия са ключов фактор за способността за шофиране. „Климатът в автомобила“ има пряко отношение към състоянието на водача, шофиране без умора и безопасно управление на автомобила (Climate Control, 2015). Комфортната вътрешна температура зависи от температурата на околната среда и от достатъчния въздушен поток.

Изследвания, проведени от СЗО (Световната здравна организация), показват, че способността на човек да се концентрира намалява, като е налице и нарушаване на своевременните реакции, когато той е подложен на стрес. Високата температура на околната среда натоварва тялото. Най-комфортната температура за водача на автомобила е между 20 и 22°C. Силната слънчева светлина може да повиши вътрешната температура в салона на автомобила с повече от 15°C над околната температура. Въздействието на високата температура особено в областта на главата е най-опасно. Температурата на тялото се повишава и пулсът се увеличава. Обикновено се появява и изпотяване. Мозъкът не получава достатъчно кислород.

При по-големи климатични натоварвания се появява така нареченото състояние „климатичен стрес“. Проучванията показват, че повишаването на температурата от 25 до

¹⁴ Докладът е представен на студентската научна сесия на 18.05.2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА КОМПРЕСОРИТЕ, ИЗПОЛЗВАНИ В АВТОМОБИЛНИТЕ КЛИМАТИЧНИ СИСТЕМИ.

35°C намалява сетивното възприятие и способността за разсъждение с 20%. Изчислено е, че това състояние е еквивалентно на концентрация на алкохол в кръвта от 0,5‰.

За да бъде ефективна, климатичната система в автомобила трябва да изпълнява четири основни функции (Bosch Automotive Handbook, 2018):

- охлаждане на въздуха;
- циркулация на въздуха;
- пречистване на въздуха;
- намаляване на влажността на въздуха.

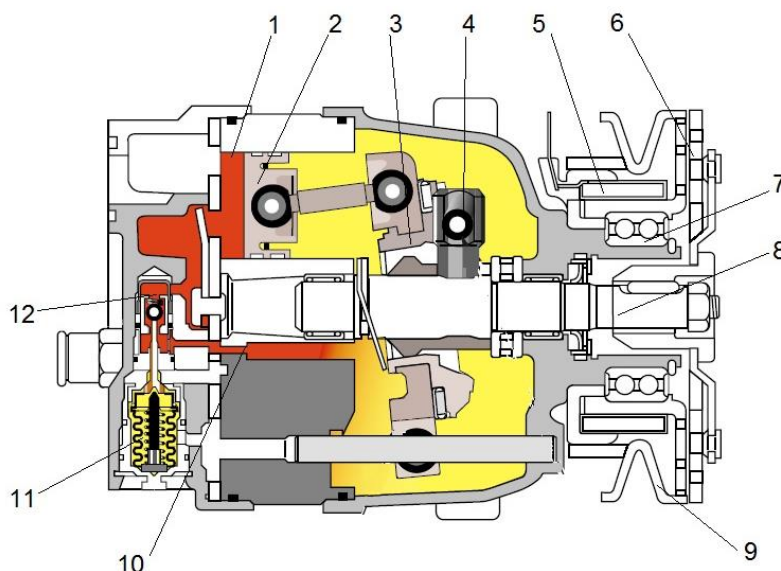
Различават се два основни типа климатични системи (Automotive Air Conditioning Training Manual, 2014), вграждани в автомобилите, а именно: с терморегулиращ вентил и с капилярна тръбичка. Независимо от типа на климатичната система тя се нуждае от компресор. Основната функция на компресора в автомобилната климатична система е да повиши налягането на парите на хладилния агент. Това е необходимо, за да може хладилният агент да се втечни в кондензатора и след терморегулиращия вентил или капилярната тръбичка, в изпарителя да протече процеса изпарение (Self-Study Programme, 2015). Изпарението е свързано с поглъщане на топлина, което е необходимо за осъществяване на основната функция на климатичната система – регулиране на температурата на въздуха в купето на автомобила.

Целта на доклада е да се направи конструктивен анализ на вгражданите в автомобилните климатични системи компресори.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Бутално-аксиален компресор

Бутално-аксиалният компресор от фиг. 1 е нецикличен, като работният му обем варира и така се променят дебитът и налягането. Това е необходимо, за да се отговори на различните експлоатационни условия при работата на климатичната система. Компресорът е с наклонена плоча 3 с променлив ъгъл, по периферията на която се закрепват едно или няколко бутала 2. При завъртането на плочата 3 от задвижващия вал 8 буталата 2 се движат в цилиндрите 1 възвратно-постъпателно.



Фиг. 1. Бутално-аксиален компресор: 1 – цилиндър; 2 – бутало; 3 – наклонена плоча; 4 – пружинно-лостов механизъм; 5 – бобина; 6 – електромагнитен триещ съединител; 7 – лагер; 8 – задвижващ вал; 9 – ремъчна ролка; 10 – контролен отвор към картера; 11 – чувствителна част на управляващия клапан; 12 – отвор на клапана

Работният обем на компресора се контролира от управляващ механичен клапан, разположен в задния край на корпуса. Този управляващ клапан има чувствителна част 11, която реагира на температурата на хладилния агент с ниско налягане постъпващ в компресора от изпарителя. Чувствителната част е свързана чрез прът със сферично тяло, което регулира сечението на отвора на клапана 12. През него преминава хладилният агент с контролното налягане, за да достигне до задната част на буталата 2 в картера през контролния отвор 10. Колкото по-голям е дебитът на този хладилен агент, толкова по-голямо е и налягането, което действа върху дъното на буталата в картера на компресора. Това налягане противодейства на пружинно-лостовия механизъм 4. По такъв начин се регулира ъгълът на наклона на диска 3 на компресора, което променя ходът на буталата 2 и следователно работният обем, дебитът и налягането на компресора.

В повечето бутални компресори буталата са изработени от алуминиева сплав. Върху тях е нанесено покритие от тефлон, за да се намали триенето и да се предпази повърхността им от агресивното въздействие на хладилния агент.

За по-прецизна работа в компресорите често се използва електромагнитен клапан, вместо механичен управляващ клапан с чувствителна част. Той контролира дебитът и налягането на хладилния агент, който се подава към картера на компресора и дъното на буталата. В този случай контролът се осъществява в зависимост от моментните експлоатационни параметри на климатичната система, като температура на околната среда, температура на изпарителя и др. Това се налага и поради променящата се честота на въртене на задвижващия вал на компресора при различните режими на работа на ДВГ. По-добрият контрол на компресора намалява и потребяваната енергия от климатичната система. Така се намаляват загубите на мощност от ДВГ. Температурата на хладилния агент с ниско налягане влияе върху чувствителната част на клапана 3, като регулира положението на котвата 2.

Управляващият сигнал на този клапан е широчинно импулсна модулация (ШИМ) pulse whit modulation (PWM).

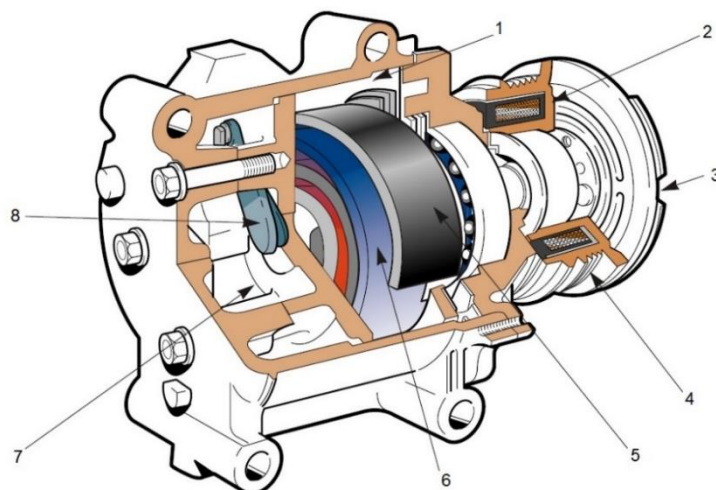
Широчината на импулсите определя времето за напълно отворено и затворено състояние на клапана. При такъв тип компресори електромагнитният триещ съединител може да липсва. В такъв случай задвижващият вал и ремъчната ролка са свързани с предпазен съединител.

Като цяло налягането на хладилния агент, излизащ от компресора е много по-голямо от това в картера на компресора. Налягането в картера е по-голямо или равно на налягането на хладилния агент, постъпващ в компресора. Най-голям работен обем на компресора се постига тогава, когато налягането в картера е равно на налягането на хладилния агент, постъпващ в компресора. Когато ъгълът на наклон на диска е минимален, налягането в картера на компресора е по-голямо от това на линията с ниско налягане.

Спирален компресор

Спиралният компресор от фиг. 2 е с две спирали, разположени една в друга. Едната 5 е неподвижна, а другата 6 е подвижна. Подвижната спирала 6 извършва колебателни движения без да се завърта напълно.

Подвижната спирала 6 е свързана със задвижващия вал чрез концентричен лагер. Подвижната спирала 6 се колебае в рамките на неподвижната спирала 5, а в затворените между двете спирали пространства се намира хладилният агент. Тези пространства намаляват своя обем и по този начин се повишава налягането на хладилния агент. Той достига до централния нагнетателен отвор с клапан 8 и оттам преминава към тръбопроводите за високо налягане и кондензатора.



Фиг. 2. Спирален компресор: 1 – камера с ниско налягане; 2 – бобина; 3 – електромагнитен триещ съединител; 4 – ремъчна ролка; 5 – неподвижна спирала; 6 – подвижна спирала; 7 – камера с високо налягане; 8 – нагнетателен клапан

На фиг. 3 се виждат циклите на работа на спиралния компресор. В спиралните компресори е допустимо да навлезе течен хладилен агент, дори при някои нарочно се впръсква върху триещите се повърхности за смазване и охлаждане. Често този тип компресори се използват в климатичните системи на хибридните и електрическите превозни средства, поради по-ниската необходима енергия за задвижването им. При тези превозни средства задвижването на компресора се осъществява от електродвигател.



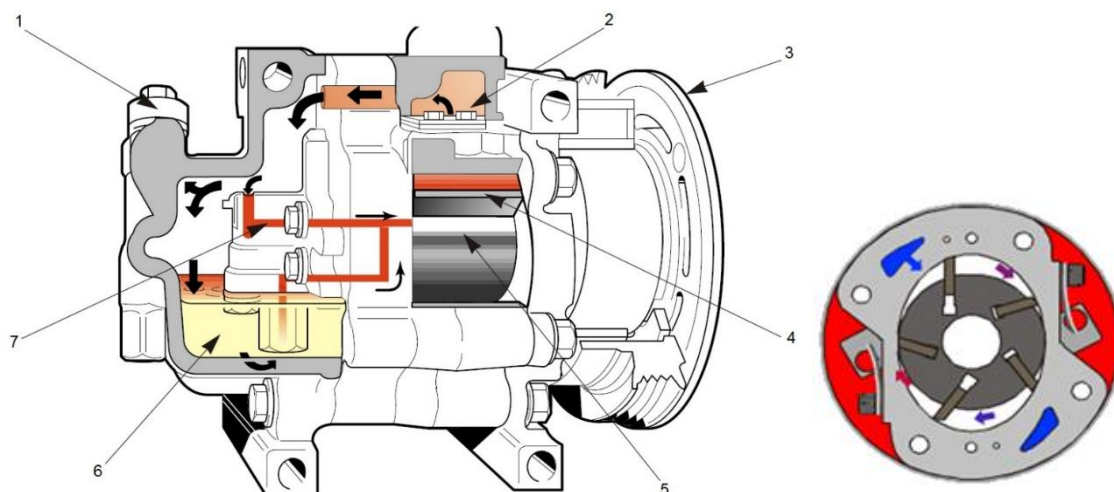
Фиг. 3. Цикли на работа на спирален компресор

Необходимо е маслото в климатичната система да е диелектрично. Недостатък на спиралните компресори е износването на триещите се повърхнини на подвижната спирала и напречните плочи, което намалява надеждността им.

Лопатков компресор

Лопатковият компресор от фиг. 4 се състои от задвижващ ротор 5 с няколко лопатки 4. Докато задвижващият вал се върти, лопатките 4, роторът 5 и корпусът образуват камери. Хладилният агент постъпва през смукателния отвор в тези камери, чийто обем намалява, когато роторът 5 се върти. Изпускателният отвор с нагнетателния клапан 2 е разположен на мястото, където газът е с максимално налягане, а обемът на камерите е най-малък. Лопатките 4 се притискат към корпуса на компресора чрез центробежната сила, като благодарение и на смазочно масло се осигурява уплътнението.

Масленият картер 6 и маслената помпа 7 са разположени от страната с високо налягане, така че маслото се принуждава да навлезе в маслената помпа 7. След това то достига до основата на лопатките 4, като ги държи притиснати към корпуса на компресора.



Фиг. 4. Лопатков компресор: 1 – пробка; 2 – нагнетателен клапан; 3 – електромагнитен триещ съединител; 4 – лопатки; 5 – задвижващ ротор; 6 – маслен картер; 7 – маслена помпа

По време на работа на празен ход и първоначално пускане може да се чуе шум от лопатките 4 на компресора. Това се дължи на времето, необходимо на маслото да започне да циркулира през цялата климатичната система.

Този тип компресори много рядко се вгражда в климатичните системи за транспортните средства, поради недостатъците които притежава. Може да бъде срещнат в по-стари конструкции.

ИЗВОДИ

Най-широко разпространената конструкция на компресори, вградени в автомобилните климатични системи е аксиално-буталният компресор. Той е подходящ за всякакви видове хладилни агенти. Сравнително надежден е и изпълнява функциите си безотказно почти през целия жизнен цикъл на автомобила. Развитието на конструкцията преминава от използването на електромагнитен съединител до електромагнитен клапан за по-прецизно регулиране на дебита и налягането на хладилния агент в климатичната система в зависимост от режима ѝ на работа. Регулирането на дебита и налягането на хладилния агент чрез електромагнитен клапан намалява и енергията необходима за работата на климатичната система.

Използваните в електрическите и хибридните автомобили спирални компресори притежават предимство по отношение на използваната енергия за задвижването им. Като недостатък може да се отбележи по-ниската им надеждност и ресурс.

Лопатковите компресори на този етап от развитието на автомобилните климатични системи отстъпват на другите конструкции компресори и почти не се срещат. Това основно се дължи на техните недостатъци.

REFERENCES

- Automotive Air Conditioning Training Manual (2014). *Ariazone*
- Bosch Automotive Handbook (2018). 10th Edition, *Robert Bosch*, ISBN 978-0-7680-9567-8
- Climate Control (2015). *Eure!Car*, Autodistribution International, Edition 5
- Self-Study Programme (2015). *Volkswagen AG, Inc. Service Training*

Изследванията са подкрепени по договор на Русенски университет "Ангел Кънчев" с No 2022-ФТ-03 "Усъвършенстване на методите за диагностика на системите за управление на двигателите и транспортните средства"

RESEARCH CONDITION OF THE RIVERBED IN PORTS FOR THE PRESENCE OF CRITICAL AREAS¹⁵

Pavel Kosov

Department of Transport,
University of Ruse“Angel Kanchev”
E-mail: p.kosov@bgports.bg

Assist. Prof. Toncho Balbuzanov, PhD

Department of Transport,
University of Ruse“Angel Kanchev”
E-mail: tbalbuzanov@uni-ruse.bg

Abstract: Maintenance of port infrastructure and water area is essential for the safety of shipping. The survey of the river bottom is related to undertaking activities for cleaning sediments and clogging and respectively ensuring navigability in the specific section of the river. In the Bulgarian section of the Danube this activity is carried out by a specialized ship equipped with equipment for monitoring and surveying the river bottom.

Keywords: port infrastructure, safety of shipping, critical areas

ВЪВЕДЕНИЕ

Поддържането на пристанищната инфраструктура и акваторията е от съществено значение за безопасността на корабоплаването. Обследването на речното дъно е свързано с предприемане на дейности по почистване на наноси и затлачвания и съответно осигуряване на корабоплаваемост в конкретния участък от реката. В българският участък от река Дунав тази дейност се извършва със специализиран кораб, снабден с апаратура за наблюдение и заснемане на речното дъно.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Поддържане на участъка и безопасно преминаване на корабите през българската част от реката.

От навигационна гледна точка река Дунав е плавателна през по-голямата част от годината, като са възможни прекъсвания свързани със суровите зимни условия. Тя е важен международен воден път определен от Европейският съюз, като транс европейски транспортен коридор №7 и е естествена северна граница и за България, а българският участък от реката е с дължина от 471км. ДП „Пристанищна инфраструктура“ отговаря за поддържане на участъка и безопасното преминаване на корабите през българската част от реката. Това е заложено в закона за Морските Пространства, Вътрешните Водни Пътища и Пристанищата на Република България (ЗМПВВПРБ).

Възможността за създаване на условия за безопасно корабоплаване в подходите, каналите и пристанищните зони на пристанищата в българския участък на р. Дунав са наложени с нормативни документи. Които съответно обхващат методите, средствата и правилата за изследване на речното дъно и изготвяне на разпореждания за безопасно газене. НАРЕДБА № 9 от 17.10.2013 г. определя изискванията за експлоатационна годност на

¹⁵ Докладът е представен на студентската научна сесия на 18.05.2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ СЪСТОЯНИЕТО НА РЕЧНОТО КОРИТО В ПРИСТАНИЩАТА ЗА НАЛИЧИЕ НА КРИТИЧНИ ЗОНИ.

пристанищата и специализираните пристанищни обекти. С наредбата се определя и редът за осъществяване на контрол относно изпълнението на изискванията за експлоатационна годност, за временно преустановяване или ограничаване на експлоатацията на пристанищата и за временно преустановяване на експлоатацията на специализираните пристанищни обекти.

Като наредбата се прилага за всички български пристанища с изключение на военните, както и за всички специализирани пристанищни обекти с изключение на създадените по естествен начин зимовници и места за укритие на риболовните кораби.



Фиг. 1. Моторен кораб Булрис

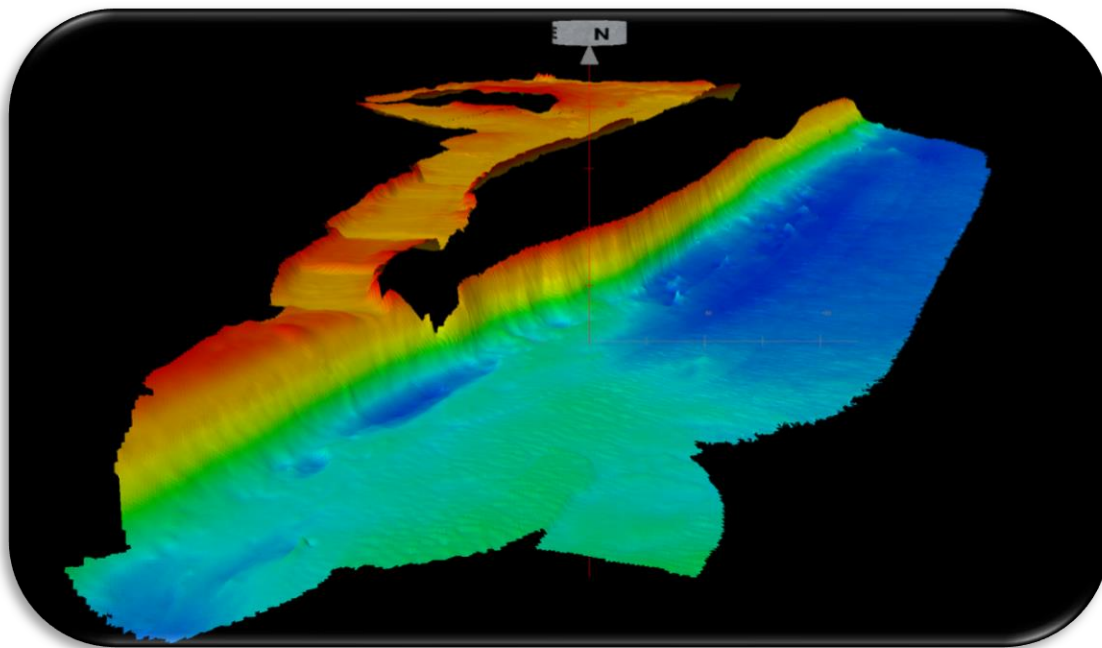
ДП „Пристанищна инфраструктура“ разполага с Моторен кораб Булрис който е снабден с навигационно оборудване за изпълнение на плавания по река Дунав DGPS (диференциалната система за глобално позициониране) осигуряваща подобрена точност на местоположението в обхвата на операциите, AIS (автоматична информационна система), комплексен интерфейс интегриран с радара, УКВ радиостанция с вграден ATIS декодер – стационарна, с честотен обхват, съответстващ на Регионалното споразумение относно радиотелефонната служба по вътрешните водни пътища.



Фиг. 2. Моторен кораб Булрис със специализирана компютърна система и измервателна апаратура

Специализирания моторен кораб Булрис е оборудван със специализирана компютърна система и измервателна апаратура за осъществяване мониторинг и същевременно заснемане на точното състояние на речното дъно, чрез което се извършват специализирани обследвания. На борда на специализирания моторен кораб Булрис е монтиран

Многолъчевият ехолот (Multibeam Echo-sounder), които осигурява подробна картина за съответната дълбочина на изследвания участък. Също така подава информация за типа на дънните седименти и наличието на различни обекти по речното дъно фиг. 3.



Фиг. 3. Грид модел на обследван участък в 3D изглед

Българския участък от р. Дунав е в долната част на реката, дъното на реката е съставено от седименти, от които течението образува наноси. Натрупването на седиментите намалява дълбочината в определени участъци което налага да се предприемат мерки по извършване на драгажни дейности с цел да се увеличи дълбочината в конкретния участък.

Драгирането е хидротехническа дейност, чрез която се отнема земна маса от дъното на корабоплавателен канал или акватория на пристанище посредством специализирана техника. Тя има възможност да загребва или засмуква и непосредствено след това да подава масата за натоварване на кораб, и съответно извозване. Драгирането на конкретен участък се извършва по определена последователност:

- Целогодишно се извършва измервания на конкретни участъци;
- Прави се преглед на последните данни в конкретния участък;
- Начертава се зона за драгаиране;
- Чрез специализиран софтуер се задава нов грид модел, за конкретния полигон;
- В зависимост от големината на слоя нанос се задава ниво за драгиране;
- Започва се драгиране на целия обем наносен слой над зададеното ниво;
- Специализирания софтуер изчислява обема които трябва да бъде отнет.
- Съставя се специализиран файл с съдържащ конкретна информация за предвидения участък за драгиране;
- Извършва се повторно заснемане на драгирания участък.

ИЗВОДИ

Заснемането на речното корито за наличие на критични зони, е от съществено значение за поддържане на пристанищата и корабоплавателния път. Чрез получените данни може съвсем точно да бъдат определени границите на опасния участък и съответно той да бъде драгиран за да се осигури безопасното корабоплаване. Резултатите от специализирания софтуер позволяват извеждане на цифрови теренни модели и обеми.

Предоставянето на детайлни данни от специализираната апаратура и софтуер позволява по-точно обследване на речното дъно и евентуално предприемане на дейности по почистване на наноси, затлачвания и съответно осигуряване на корабоплаваемост в конкретния участък.

Предприемането на дейности за удълбочаването на всяко едно пристанище позволява в него да навлизат за обработка плавателни съдове с по-голямо газене, което означава и по-голям обем товари.

REFERENCES

Bulgarian River Information System (Речна Информационна Система в Българската част на река Дунав)- <http://www.bulris.bg>

Executive Agency "Exploration and Maintenance of the Dunne River“ Изпълнителна Агенция "Проучване и Поддържане на река Дунав" <http://www.appd-bg.org>

European Union, DIRECTIVE 2005/44/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, Official Journal of the European Union (2005)

Наредба № 9 от 17 октомври 2013 г. за изискванията за експлоатационна годност на пристанищата

Закон за морските пространства, вътрешните водни пътища и пристанища на Република България.

MAINTENANCE OF A SHIPPING ROUTE ON THE DANUBE RIVER IN THE BULGARIAN SECTION ¹⁶

Vencislav Minkov

Department of Transport,
University of Ruse "Angel Kanchev"
E-mail: venci8804@abv.bg

Assist. Prof. Toncho Balbuzanov, PhD

Department of Transport,
University of Ruse "Angel Kanchev"
E-mail: tbalbuzanov@uni-ruse.bg

Abstract: *Inland waterway transport is one of the three main types of land transport. Maintenance of the shipping route is essential for the safety of shipping. The survey of the river bottom is related to undertaking activities for cleaning sediments and respectively ensuring navigability in specific sections of the river. The transportation of goods by inland waterways can be by rivers and natural lakes, as well as by artificial canals. Statistics show that almost half of Europe's population lives near inland ports or the inland waterway network.*

Keywords: *inland waterways, safety of shipping, critical areas*

ВЪВЕДЕНИЕ

Транспортът по вътрешните водни пътища е един от основните три вида наземен транспорт. Поддържането на корабоплавателния път е от съществено значение за безопасността на корабоплаването. Обследването на речното дъно е свързано с предприемане на дейности по почистване на наноси и съответно осигуряване на корабоплаваемост в конкретни участъци от реката. Транспортирането на стоки по вътрешните водни пътища, може да бъде както по реки и естествени езера, така и по изкуствено създадени канали. Статистически данни показват, че почти половината от населението на Европа живее близо до вътрешни пристанища или до мрежа от вътрешни водни пътища. Използването на този тип транспорт има редица предимства, защото той е енергийно ефективен транспорт, поради което той значителен дял за транспортиране на товари. Много гледа част от европейските индустриални зони на Европа също имат пряк достъп до този вид водни пътища.

Река Дунав е вътрешен воден път за Република България. Съгласно Закона за морските пространства, вътрешните водни пътища и пристанищата на Република България, министърът на транспорта, информационните технологии и съобщенията чрез ИАПД се организира, ръководи и контролира проучването и поддържането на условията за корабоплаване във вътрешните водни пътища на Република България. Изпълняваните функции от ИАПД са в съответствие с Конвенцията и Споразумението и с чл. 77, чл. 82 и чл. 83, ал.2 от ЗМПВВППРБ. Дейността, структурата и организацията на работа на ИАПД са определени с устройствен правилник на Изпълнителната агенция, приет от Министерския съвет. В дейностите се включват и работите по осигуряване на минималните габарити на фарватера в българския участък от ркм 610 до ркм 374.100.

¹⁶ Докладът е представен на студентската научна сесия на 18.05.2022 в секция Транспорт и машинознание с оригинално заглавие на български език: ПОДДЪРЖАНЕ НА КОРАБОПЛАВАТЕЛНИЯ ПЪТ ПО РЕКА ДУНАВ В БЪЛГАРСКИЯ УЧАСТЪК.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Поддържане на участъка и безопасно преминаване на корабите през българската част от реката.

Съгласно действащия „Устройствен правилник на изпълнителна агенция „Проучване и поддържане на река Дунав“ Агенцията изпълнява функции в съответствие с вътрешното и международното право относно обслужване проучването и поддържането на условията за корабоплаване във вътрешните водни пътища на Република България. Агенцията осъществява мониторинг и извършва изследователска дейност в областта на хидроложките и хидрографните проучвания с наличната специализирана техника.

Наблюдението на параметрите на фарватера в българския участък се осъществява ежеседмично със специализирани хидрографни и маркиращи кораби. Същите следят за състоянието на ограждането на трасето на фарватера с плавателни знаци и при необходимост извършват корекции на същото, като преместват знаците. За състоянието на фарватера и ограниченията за корабоплаване се издават известия до корабоплавателите.

Агенцията разполага с два плавателни съда за специализирани хидрографски проучвания за изучаване на хидроморфологичен режим на реката и за установяване изменения на коритото на реката, които влияят на условията за корабоплаване. Същите разполагат с последно поколение технологични сензори, GPS устройства и многофункционална много лъчева измервателна система



Фиг. 1. м/к „Дунав 1“ - специализиран хидрографски кораб

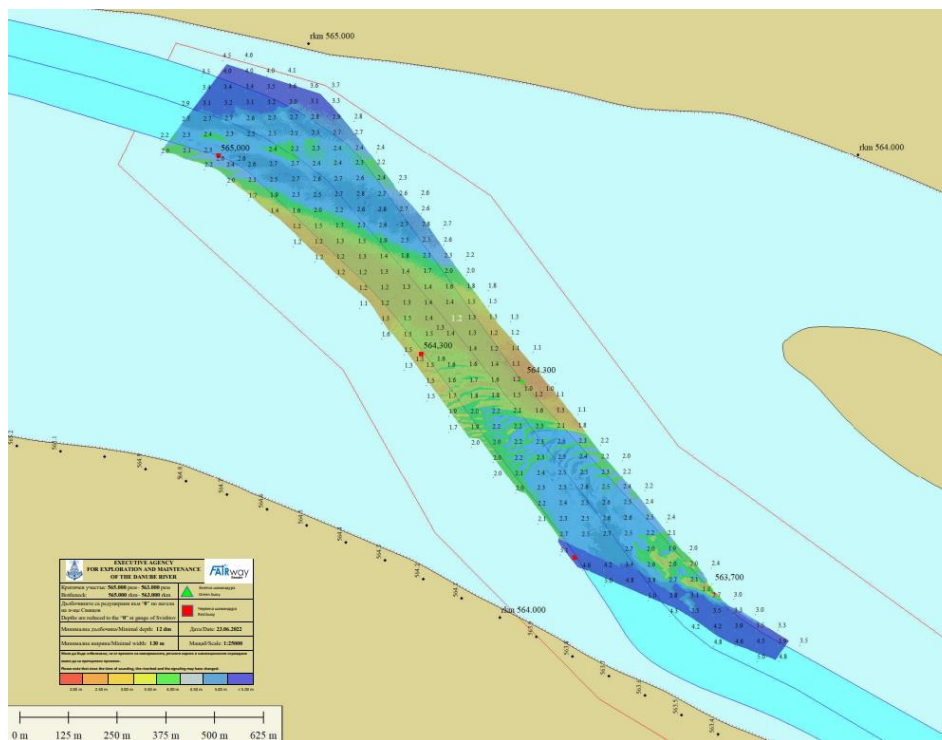
Катамарана „Дунав 1“ е построен и непосредствено влязъл в експлоатация през 2017 г. с максимална дължина е 24,18 м., максимална ширина е 7,36 м. и максимално газене от 1,19 м. Катамаранът „Дунав 1“ е снабден с хидрографска система, която може да извършва картографиране на речното дъно. Той е снабден и с лидарната система с която може да се извършва замерване на брегове, острови и кейови стени. Събраната информация се записва на сървър, след което се обработват и се правят 3 D модели на участъци от речното дъно. За местата с по-малка дълбочина, плавателният съд е снабден с лодка и с ехолот, с който се прави допълнително измерване. Участъкът, който може да покрие, е от порядъка на 50 метра и повече. Система позволява много ясно да се видят контурите на всички препятствия, които възпрепятстват корабоплаването.

Хидрографен катер „Рс 2070“ е специализиран плавателен съд, с който се извършват хидрографни измервания по река Дунав. Той е построен през 2018 г. от корабостроителницата по проекта FAIRway Danube. Оборудването му позволява извършване на високоточни хидрографски измервания, чрез които основно се събира информация за промените, настъпващи в критичните участъци. Максималната дължина на катера е 7,70 m, максималната му ширина е 3,00 m и максимално газене е от 0,40 m.



Фиг. 2 Хидрографен катер „Рс 2070“

Дъното на реката е съставено от седименти, от които течението образува наноси с натрупването им се намалява дълбочината в определени участъци от реката фиг. 3. Това налага предприемане на мерки по извършване на драгажни дейности. Основната цел е да бъде увеличена дълбочината на плавателния участък.



Фиг. 3. Примерен критичен участък с намлена дълбочина

Увеличаване дълбочината на тези участъци става чрез драгиране. Драгирането е хидротехническа дейност, чрез която се отнема наносна маса от дъното на корабоплавателния път посредством специализирана техника фиг.4.



Фиг. 4. Специализирано драгажно съоръжение „Янтра“

Специализираното драгажно съоръжение „Янтра“ има възможност да загребва или засмуква и непосредствено след това да подава масата за натоварване на кораб, и съответно извозване. Параметрите на съоръжението са: максимална дължина от 49.30 m, максимална ширина от 7.95 m и максимална дълбочина на драгиране от 14.00 m. Построено и доставено през 2021 г в рамките на проект „Модернизация и оптимизация на дейностите по рехабилитация на корабоплавателния път в общия българо-румънски участък на р. Дунав, чрез доставка на оборудване“.

ИЗВОДИ

Получаването на информация за състоянието на речното корито за наличие на критични зони, чрез заснемане на конкретни участъци е от съществено значение за поддържане на корабоплавателния път. Чрез така получените данни може съвсем точно да бъдат определени границите на възникнали опасни участъци и съответно да бъдат предприети мерки за драгиране за да бъде осигурено безопасното корабоплаване. Извършването на дейности по подобряване на условията на речния транспорт в общия румъно-българския участък на Дунава се усеща в определени райони, където условията за корабоплаване стават все по-критични през последните години. Т.е. увеличава се честотата на извършване на дейности свързани с заснемане състоянието на речното дъно и последващо драагиране на фарватерът, за да бъдат изпълнени минималните критерии, наложени от Дунавската комисия за безопасна и продължителна навигация възможно повече дни в годината.

Дейностите за удълбочаването позволяват да преминават плователни съдове с по-голямо газене, което означава и по-голям обем товари. Предоставянето на реални и точни данни от оборудваните кораби със специализираната апаратура и софтуер позволява детайлно обследването на речното дъно и евентуално предприемане на дейности по почистване на наноси и затлачвания и съответно осигуряване на корабоплаваемост в конкретния участък от реката.

REFERENCES

Даков, В. „Река Дунав и нейното стопанско значение за България“, изд. “Наука и изкуство“, 1964 г.

Дойков, В., Генчев, Н., „Дунав - реката на Европа“, изд. Силвена, 2011 г.;

„Хидроложки изследвания на река Дунав в българския участък “Том 1 1981 г./ БАН, 1981 г., 264 с.

Закон за морските пространства, вътрешните водни пътища и пристанищата на Република България, посл. Изм. ДВ бр. 60 от 7 Юли 2020г.

Споразумение между правителството на Народна република България и правителството на Румънската народна република относно поддържането и подобряването на фарвартера в българо-румънския участък на река Дунав от 23 ноември 1955 г. в гр. София

<http://www.fairwaydanube.eu/> проект „Fairway danube“

УСТРОЙСТВЕН ПРАВИЛНИК НА ИЗПЪЛНИТЕЛНАТА АГЕНЦИЯ "ПРОУЧВАНЕ И ПОДДЪРЖАНЕ НА Р. ДУНАВ", в сила от 12.05.2000 г., изм. и доп. ДВ. бр.33 от 8 Май 2015г.

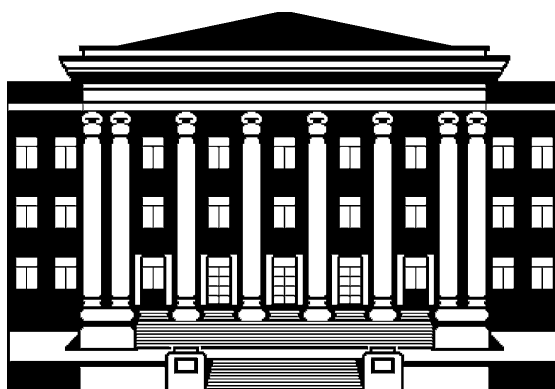
Executive Agency "Exploration and Maintenance of the Dunne River Изпълнителна Агенция "Проучване и Поддържане на река Дунав" <http://www.appd-bg.org>

European Union, DIRECTIVE 2005/44/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, Official Journal of the European Union (2005)

<https://appd-bg.org/>Изпълнителна агенция,„Проучване и поддържане на река Дунав”

UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV“

UNION OF SCIENTISTS - RUSE



**62-TH ANNUAL SCIENTIFIC CONFERENCE
OF UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV“
AND UNION OF SCIENTISTS – RUSE**

OCTOBER 2023

I N V I T A T I O N

**Ruse, 8 Studentska str.
University of Ruse
Bulgaria**

PROCEEDINGS
Volume 61, Series 4.3

Transport and Machine Science

Under the general editing of:
Assoc. Prof. Simeon Iliev, PhD

Editor of Volume 61:
Prof. Diana Antonova, PhD

Bulgarian Nationality
First Edition

Printing format: A5
Number of copies: on-line

ISSN 1311-3321 (print)
ISSN 2535-1028 (CD-ROM)
ISSN 2603-4123 (on-line)

The issue was included in the international ISSN database, available at <https://portal.issn.org/>.
The online edition is registered in the portal ROAD scientific resources online open access



PUBLISHING HOUSE
University of Ruse "Angel Kanchev"