

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 60, book 1.2.

**Agricultural Machinery and Technologies, Agrarian
Science and Veterinary Medicine & Maintenance and
Reliability & Thermal, Hydro- and Pneumatic
Equipment & Ecology and Conservation &
Industrial Design**

НАУЧНИ ТРУДОВЕ

Том 60, серия 1.2.

**Земеделска техника и технологии, аграрни науки
и ветеринарна медицина & Ремонт и надеждност
& Топлотехника, хидравлика и пневматика &
Екология и опазване на околната среда &
Промислен дизайн**

Ruse
Русе
2021

Volume 60 of PROCEEDINGS includes the papers presented at the scientific conference RU & SU'21, organized and conducted by University of Ruse "Angel Kanchev" and the Union of Scientists - Ruse. Series 1.2. contains papers reported in the Agricultural Machinery and Technologies, Agrarian Science and Veterinary Medicine; Maintenance and Reliability; Thermal, Hydro- and Pneumatic Equipment; Ecology and Conservation and Industrial Design.

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-EEEE	Electrical Engineering, Electronics and Automation
3.2.	FRI-ONLINE-1-CCT	Communication and Computer Technologies
3.3.	THU-ONLINE-SSS-EEEE	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-ESSIR	European Studies, Security and International Relations
5.3.	FRI-ONLINE-1-SW	Social Work
5.4.	THU-ONLINE-SSS-EM	Economics and Management
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
8.2.	FRI-ONLINE-1-HC	Health Care
8.3.	FRI-ONLINE-1-MCDA	Medical and Clinical Diagnostic Activities
8.4	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. Dr. Artur Jutman**
Tallinn University of Technology, Estonia
- **Prof. RNDr. Vladimir Tvarozek, PhD**
Slovak University of Technology in Bratislava, Bratislava, Slovakia
- **Doc. 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
- **Dr. Cătălin POPA**
“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
- **Dra. Clotilde Lechuga Jiménez, PhD**
Education Science Faculty (Teatinos Campus), University of Malaga (Spain)
- **Assoc. Prof. Despina Sivevska, PhD**
Faculty of Educational Sciences, University "Goce Delcev"-Stip, Macedonia

- **Liqaa Habeb Al-Obaydi, PhD**
English Department, College of Education for Human Sciences, University of Diyala, Iraq
- **Prof. Igor Kevorkovich Danilov, DSc**
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia
- **Prof. Aleksander Valentinov Sladkowski, DSc**
Silesian University of Technology, Poland
- **Prof. Dr. Vera Karadjova,**
“St. Kliment Ohridski” University – Bitola, Faculty of tourism and hospitality – Ohrid, Republic of North Macedonia
- **Prof. Dr. Aleksandar Trajkov**
“St. Kliment Ohridski” University - Bitola, Faculty of tourism and hospitality – Ohrid, Republic of North Macedonia
- **Prof. Dr. Petar Pepur**
University of Split, Croatia
- **Prof. Dr. Korhan Arun**
Namik Kemal University, Tekirdağ, Turkey
- **Prof. Yuliya Yorgova, PhD**
Burgas Free University, Bulgaria
- **Prof. Claudia Popescu, PhD**
Bucharest University of Economic Studies, Romania
- **Prof. Dr. Gerhard Fiolka**
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. Nino Žganec, DSc**
President of European Association of Schools of Social Work, University of Zagreb, Croatia
- **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
Haydroaerodinamics 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
- **Assoc. Prof. Olexandr Zaichuk, DSc**
Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine
- **Prof. Eugene Stefanski, DSc**
Samara University, Russia
- **Doc. Dr Tatiana Strokovskaya**
International University of Nature “Dubna”, Dubna, Russia
- **Prof. DSc. Petar Sotirov**
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 Vladev Petkov, PhD**
Research Associate Cardiff University, UK
- **Prof. Stepan Terzian DSc**
Bulgarian Academy of Science, Bulgaria
- **Prof. Dr. Gabriel Negreanu**
University Politehnica of Bucharest, Romania

ORGANISING COMMITTEE

- ◆ **ORGANIZED BY: UNIVERSITY OF RUSE (UR) AND UNION OF SCIENTISTS (US) - RUSE**
- ◆ **ORGANISING COMMITTEE:**
 - **Chairperson:**
COR. MEM Prof. Hristo Beloev, DTSc – Rector of UR, Chairperson of US - Ruse
 - **Scientific Secretary:**
Prof. Diana Antonova PhD, Vice-Rector Research,
dantonova@uni-ruse.bg, 082/888 249
 - **Members:**
 - **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
 - **Contemporary Foreign Language Teaching; Didactics, Pedagogy and Psychology;**
(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. Romyana Lebedova, PhD,
rlebedova@uni-ruse.bg
 - **E-Learning; Energy Effectiveness; Natural Sciences; Technical Sciences; Mathematics and Informatics** (16.10., Silistra)
Pr. Assist. Evgenia Goranova, PhD,
egoranova@uni-ruse.bg
 - **Chemical Technologies** (06-07.11., Razgrad)
 - **Biotechnologies and Food Technologies** (06-07.11., Razgrad)
Assoc. Prof. Tsvetan Dimitrov, PhD,
conf_rz@abv.bg, 0887 631 645
 - **Mechanical Engineering and Machine-building Technologies**
Assoc. Prof. Dimitar Dimitrov, PhD,
ddimitrov@uni-ruse.bg, 0886 474 834, 082/888 653
 - **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, estanev@uni-ruse.bg, 082/888 703
- **European studies, security and international relations**
Prof. Vladimir Chukov, DSc, vlachu1@gmail.com, +359 82 825 667
Assoc. Prof. Mimi Kornazheva, PhD, mkornazheva@uni-ruse.bg, +359 82 825 667
- **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**
Prof. Sasho Nunev DSc,
snunev@uni-ruse.bg, 0886 802 466
- **Medical and clinical diagnostic activities**
Assoc. Prof. Nikola Sabev, DSc,
nsabev@uni-ruse.bg, 0882 123 305
- **Health Care**
Pr. Assist. Greta Koleva, PhD,
gkoleva@uni-ruse.bg, 0882 517 173
- **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. Plamen Kangalov, PhD

Assoc. Prof. Krasimir Tujarov, PhD

Assoc. Prof. Atanas Atanasov, PhD

Assoc. Prof. Plamen Manev, PhD

Assoc. Prof. Kaloyan Stoyanov, PhD

**AGRICULTURAL MACHINERY AND TECHNOLOGIES, AGRARIAN
SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE;
MAINTENANCE AND RELIABILITY;
THERMAL, HYDRO- AND PNEUMATIC EQUIPMENT;
ECOLOGY AND CONSERVATION;
INDUSTRIAL DESIGN**

Content

1. TUE-ONLINE-SSS-AMT&ASVM-01	10
Non-specific physiological diseases in rapeseed (oilseed rape) <i>Angel Ivanov, Petya Angelova</i>	
2. TUE-ONLINE-SSS-AMT&ASVM-02	14
Control of the condition of the grain during storage <i>Svetoslav Antonov, Bozhidar Kolev</i>	
3. TUE-ONLINE-SSS-MR-01	21
Modeling optimal control of agricultural tractor for fuel consumption <i>Vladimir Cekov, Todor Delikostov</i>	
4. TUE- ONLINE-SSS-THPE-01	25
Investigation of the influence of the fluid flow rate in the internal circuit of heat pump installation on the heat pump coefficient of performance <i>Petar Dimov, Zhivko Kolev</i>	
5. TUE- ONLINE-SSS-THPE-02	32
Analysis of the methods for trimming the impellers of centrifugal pumps <i>Desislava Nikolova, Gencho Popov, Kliment Klimentov</i>	
6. TUE- ONLINE-SSS-EC-01	39
Study on the factors determining the propagation of sound waves <i>Katerina Encheva, Nikolay Kovachev</i>	
7. TUE- ONLINE-SSS-EC-02	44
Assessment of the sound pressure level in an atmosphere under low pressure conditions <i>Katerina Encheva, Nikolay Kovachev</i>	
8. TUE- ONLINE-SSS-ID-01	49
Energy saving through hybrid lighting systems <i>Peter Petrov, Dancho Gunev</i>	

**NON-SPECIFIC PHYSIOLOGICAL DISEASES IN RAPESEED
(OILSEED RAPE)**

Angel Ivanov – Student

Department Agriculture machinery,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 887 174 014
E-mail: aivanov@uni-ruse.bg

Petya Angelova, PhD

Department Agriculture machinery,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 82 888 288
E-mail: pangelova@uni-ruse.bg

***Abstract:** The paper reviews non specific physiological diseases in rapeseed. Climate change affects plants in natural and agricultural ecosystems throughout the world but little work has been done on the effects of climate change on plant disease.*

Soil moisture and temperature (frost) are the most important environmental factors controlling stand establishment. Physical damage from wind, hail and excess water can also be a concern for rapeseed plants at the early stages of development. Understanding the impacts of these environmental effects can help prepare growers to make informed management decisions, and set the crop up for success later in the growing season.

***Keywords:** Rapeseed, oilseed rape, frost damage*

INTRODUCTION

Rapeseed, *Brassica napus* subspecies, *napus*, is a large winter or spring annual oil crop in the Brassica family and is also known as rape and oilseed rape, and for a specific group of cultivars, ‘canola’. Rapeseed is related to mustard, cabbage, broccoli, cauliflower and turnip. Rapeseed plants have yellow flowers with four petals. Rapeseed has a deep taproot and a fibrous, near-surface root system.

Rapeseed is primarily grown for its oil. Rapeseed is also beneficial as a cover crop and for annual forage. It provides good soil cover over winter to prevent soil erosion, produces large amounts of biomass, suppresses weeds, and can improve soil tilth with its root system.

EXPOSURE

The symptoms of winter frosts depend on the extent of the damage and the time of the damage. In crops overwintering in the rosette stage, frost is manifested by grayish-white coloration of the affected leaves. It is caused by a cold wrinkle of the affected mesophyll under the epidermis, where air has penetrated the cavities. Sometimes the leaves are watery and after raising the temperature they lose their typical shape, fall to the ground and secondary rot occurs quickly. In the case of plants that have been lush in the autumn, more severe damage occurs, in which the core is also affected. The leaves, including the vegetative top, are yellow-brown and, according to the development of time, either dry out or rot. In most cases, the lesions cover both the stem and the roots and the plants die prematurely. In some cases, when the roots and stems are not affected, the plants branch out and provide a good harvest. Severely affected plants usually have drooping leaves lying on the ground, with a rotten vegetative top and rotting roots. Even on superficial inspection, it becomes clear that they are not able to regenerate. The lower degree of damage is manifested only by the described symptoms on the leaves, as the vegetative apex, stem and roots remain alive. Such plants are able in the spring to regenerate and provide a good harvest. Plants with a damaged root collar, which is slightly pinched, represent a certain transition between severe and mild damage.

These plants still regenerate, creating many leaves and lateral branches, but the main stem lags behind in its development and in general the plant forms fewer pods.

Frost is a consequence of climatic factors and the condition of the plants. In other words, low temperatures are not the only reason for poor crop condition. Sometimes underdeveloped plants do not air well enough to low temperatures. Of the climatic conditions, the most dangerous are the large temperature amplitudes and the long-lasting frosts without snow cover. For rapeseed, the constant change of temperature is more harmful than the strong and long-lasting cold. In waterlogged and wet soils, rapeseed is more severely affected by temperature fluctuations and related ruptures in the root system. Flooding of plants in low places in the field can also significantly contribute to frost. Negatively affects the plants in winter and the icy surface of the snow cover. Normal snow cover does not negatively affect the overwintering of rapeseed. Severe frosts below (-15°C) without snow cover, alternating with significant warming during the day, are more harmful. The susceptibility of plants during overwintering is also influenced by poor agricultural techniques, attacks by pests and phytopathogenic fungi (white rot, phomosis, etc.).

Rapeseed can also be affected by later spring frosts. If it gets cold at the time when the stems grow, they can be deformed, leading to longitudinal splitting, browning of the surface and local tissue damage. When it gets cold during the flowering period, the flower organs can be affected and the flowering can be delayed and prolonged. In case of delayed frosts in the period of pod formation, they are deformed and atrophied, forming less deformed seeds. Occasionally, mild chlorosis may appear on the leaves. These symptoms of damage usually do not extend to all crops, but to nests or circles according to the stage of development of plants, the terrain of the plot, the condition of individual parts of the crop, their density, the appearance of diseases and pests and more.



Figure 1. Stem splitting can occur after spring freeze events



Figure 2. Flowering racemes are bent over following freeze

Although the symptoms are related to the weather in winter, cold sores can be replaced by some diseases, especially phomosis. Unlike phomosis, the freezing of underground parts and stems does not cause spots typical of phomosis rot.

In some cases, a combined lesion can be ruled out when the plants have been attacked by phomosis in the autumn and subsequently frozen. In these cases, it is necessary to determine which is the primary factor for the lesions. The rule is that weakened and attacked plants die first in winter.

Each year, frost leads to losses to varying degrees. Losses are greater in long winters with severe cold and temperature fluctuations, especially after a previous warm autumn.

The only possible preventive protection against rapeseed frost is to improve the condition and the optimal growth phase before winter. It is optimal that the rapeseed is neither too lush nor too weak. The stem should be rather firm, immature, with the most developed root system possible, which is why it is necessary to pay attention mainly to nitrogen nutrition. Recently, to optimize the condition before overwintering are used for autumn treatment or classic they are morphoregulators or fungicides with morphoregulatory action. In addition to the fungicidal protection against phomosis, they provide pressure on the plants to the ground, hardening of the stems and better development of the root system, and hence a better condition for overwintering rapeseed. In the conditions of extreme winter with large fluctuations in temperatures, these measures do not always help and the crops may be frozen in the spring and completely destroyed.



Figure 3. Damaged stems from late spring cold with secondary attack on the inside of the stem



Figure 4. Damage to the stem from late spring frosts without secondary infection

Longer term effects on the crop include differential maturity, delayed maturity, and reduced plant height. Differential maturity may occur if the freeze wasn't quite severe enough to completely kill the plant, and favorable conditions cause a secondary bloom to occur. Delayed crop maturity results in flowering and grain filling during a warmer period which can reduce yield. If temperatures remain cool during flowering and early grain fill, yield reductions should be minimized. Reduced plant height doesn't necessarily result in reduced yield

It is very important in the spring to assess crops for damage caused by frost. With large volume and severe damage to plants can lead to plowing. In case the plants are viable, all agronomic measures must be applied, including timely fertilization with nitrogen, which will help their rapid regeneration.

Unlike the possibility to apply measures in the freezing of rapeseed, preventive protection against high temperatures is not possible.

When rapeseed sprouts, droughts can cause uneven germination or non-germination. In isolated cases, high temperatures cause the death of sprouted crops, even at sufficiently high soil moisture.

During the flowering period, high temperatures and drought can lead to flower fall and sterility. The flowering period is significantly shortened, the number and size of the formed pods are reduced and the yield is significantly reduced. In extremes, the pods still develop, but they are sterile and seedless.

A specific disease is the wilting of flower buds, the causes of which are never clear, but are probably related to the development of weather and drought. The disease is probably caused by changes in transpiration, by insufficient supply of aboveground parts of the plant with water and

nutrients. The symptoms also affect the spring and autumn forms of rapeseed. There are lesions in cases when long periods of cooling and drought are replaced by periods of hot and sunny days. The flowers that are in the middle and lower part of the stem in the budding phase are affected. These flowers turn yellow or fade, dry out and gradually fall off the stem. The flowers in the upper parts of the stem develop normally.

Long periods of drought and heat, when replaced by rainy weather, can lead to cracking of the stems in the later stages of growth, just like cold damage. The exposed internal tissues of the stem in the wound appear provide an opportunity for parasites to attack the rapeseed, as is the case with hail damage.

Growth stage can affect the extent of crop damage depending on how low and how long temperatures were below freezing. Rapeseed is most tolerant to freezing temperatures in the rosette and bolting stages and more susceptible in the flowering and pod filling stages.

CONCLUSION

The amount of frost damage is dependent on various factors including crop stage, degree and length of frost, relative humidity, and presence of rain or dew.

To determine when to swath after a frost, check the extent of damage 2-3 days after the frost. Frost damage will be evident on the outside of the pods, which will often show a white, speckled appearance (caused by ruptured cell walls leaking fluid). Immature and watery seeds will start to leak their inner fluid, and begin to shrivel. The outside of the seeds will begin to turn dark green, instead of a light-medium green. If the majority of the seeds remain turgid, delay swathing to allow for further seed maturity. If the pods are severely damaged and are beginning to desiccate, swath during periods of dew or high humidity to reduce the amount of pod shelling and pod drop.

The sensitivity of plants and the appearance of lesions depend on many factors and the flowering period, soil moisture, the condition of individual plants, etc. During the ripening period, extreme temperatures and droughts can cause rapid drying and brittleness of the pods, cracking and mass falling of the seeds on the ground, as well as less oil content in the seeds.

REFERENCES

Aksouh-Harradj, N., Campbell, L., and Mailer, R. (2006). Canola response to high and moderately high temperature stresses during seed maturation. *Can. J. Plant Sci.* 86, 967–980.

Angadi, S., Cutforth, H., Miller, P., McConkey, B., Entz, M., Brandt, S., et al. (2000). Response of three Brassica species to high temperature stress during reproductive growth. *Can. J. Plant Sci.* 80, 693–701.

Crawford, A. J., McLachlan, D. H., Hetherington, A. M., and Franklin, K. A. (2012). High temperature exposure increases plant cooling capacity. *Curr. Biol.* 22, 396–397.

J. Din, S. U. Khan, I. Ali and A. R. Gurmanip Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress, *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(1): 2011

Morrison, M. J., and Stewart, D. W. (2002). Heat stress during flowering in summer Brassica ECORC contribution no. 02-41. *Crop Sci.* 42, 797–803

CONTROL OF THE CONDITION OF THE GRAIN DURING STORAGE

Svetoslav Antonov – Student

Agrarian and Industrial Faculty,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 886 668 265
E-mail: svetlio288@abv.bg

Assoc. Prof. Bozhidar Kolev, PhD

Agrarian and Industrial Faculty,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 82 888 610
E-mail: bkolev@uni-ruse.bg

***Abstract:** The presented report substantiates the importance of monitoring the condition of cereals during storage. The indicators for judging the quality of grain for food, reproduction and forage are analyzed. The methods and means for determining the temperature, humidity, impurity content and contamination with storage pests are discussed in detail.*

***Keywords:** Grain storage, Control methods, Temperature, Humidity, Impurities, Storage pests*

INTRODUCTION

The condition of the grain mixture during storage depends both on the intensity of the physiological processes taking place in it and on the environmental conditions (Dimov and Krysteva, 2019). Any increase in the intensity of physiological processes is accompanied by the development of undesirable processes, leading to deterioration of grain quality. In order to prevent these negative consequences, a systematic control of the condition of the cereal mixture is carried out in practice throughout the period of its storage.

The timely prevention of undesirable processes depends on the organization of the control and analysis of the obtained results for the condition of the grain mixture.

The condition of the grain mixture during storage is characterized relatively accurately by determining the temperature, humidity, impurity content and contamination with storage pests (Dimitrov et al., 1988).

EXPOSITION

1. Determination of temperature

Deterioration of grain quality during storage is always accompanied by an increase of its temperature. Therefore the temperature of the grain mixture is the most sensitive indicator, which most accurately determines its condition. As is known, the temperature of the grain mixture changes under the influence of ongoing physiological processes and ambient air temperature. The low temperature of the grain mixture is an indication of its good condition, while any increase, not corresponding to the change in ambient air temperature, is an indication of the activation of processes and the occurrence of self-heating.

The air temperature is measured by ordinary alcohol or mercury thermometers, which are placed in each granary and outside them in places protected from the sun. The temperature of the grain mixture is measured manually by means of a thermoprobe or remotely by means of a system of sensors. The thermoprobe is a metal (bronze, copper, brass) tube with a longitudinal slot at one end, ending with a conical tip. The thermometer (mercury or alcohol) is placed in the slot. This method is time consuming and creates prerequisites for making subjective mistakes. It is used when measuring the temperature of grain mixtures, stored mainly in flat warehouses, sheds, sites and rarely in silo cells. In practice, there are still limited electronic thermoprobes (fig. 1) with autonomous power supply. The temperature is measured by a thermoresistor (platinum) and is read from a screen with a

digital indication, due to which the measurement is done in a shorter time with higher accuracy. The current instructions for storage of food and feed grain in flat warehouses provide for the temperature of a grain embankment with a height of more than 1.5 m to be measured at two points: upper at a distance of 20 - 40 cm from the surface and lower- according to the length of the thermoprobe. For embankments up to 1.5 m high, the temperature is measured in the upper and lower layers. The points where the temperature is measured must be arranged in the checkerboard pattern on the surface of the grain embankment and at a distance of 2 m from each other.

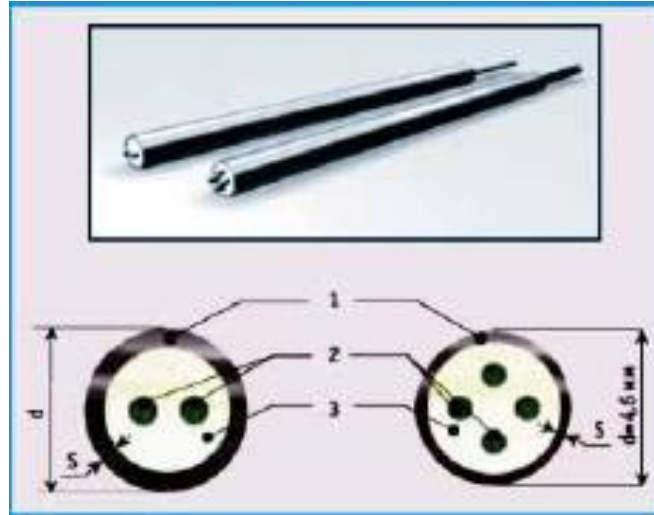


Fig. 1. Electronic thermoprobe

In silos not equipped with remote control systems, the temperature of the grain mixture stored in the cells is measured with thermoprobes. In this way the temperature of the layer located at a distance of 1.0 - 1.5 m from the surface (with a full silo cell) is measured. In case of suspicion of elevated temperature of the grain mixture, in a partially filled silo cell, the measurement is performed during its emptying, and every 5 t, a sample is taken from the free-flowing tube, the temperature of which is measured with a simple thermometer. The most correct systematic control of the temperature of the grain mixture is carried out through remote measurement systems (fig. 2) that allow continuous and easy control, as well as the possibility of registration (fig. 3). Remote temperature measurement systems are semi-automatic and automatic. In the first, the temperature is read visually by an indicating device. In the latter case, automatic control of the controlled points is performed, indication in digital form, recording of the current values of the temperature, the points marked with a temperature higher than the set value, signaling (sound or light) and others. Silos (reinforced concrete and metal) are mainly equipped with systems for remote temperature measurement. Semi-automatic remote control system is the so-called thermal suspension. In the silo cells and the sprockets is mounted a thermal suspension, which simultaneously controls the temperature at 5 or 6 points along the height of the grain embankment.

A device for measuring and recording temperature (DMRT) is used, which is made on the basis of integrated circuits. The device is connected to the existing system of thermal suspensions installed in the silo cells. The temperature of a point from the respective silo cell is visually recorded by a digital thermometer mounted on the front panel of the device. The temperature information of the respective point can also be obtained by manually selecting the point with a code including the cell number and the level. The recorded temperature is compared (automatically) with the maximum allowable, set manually depending on the storage conditions. When this temperature is exceeded, it is signaled by sound or light. The DMRT also has a printing device that registers on a tape information about the date, the current astronomical time, the silo cell number and the point number with the maximum temperature, as well as the value of the maximum temperature. Printing is done in black or red, depending on whether the temperature for a silo cell is below or above the set.

The periodicity of temperature control of the stored grain mixture depends on its condition in terms of humidity, temperature and physiological activity (freshly harvested or post-harvested mature grain).



Fig. 2. Electronic temperature reading system

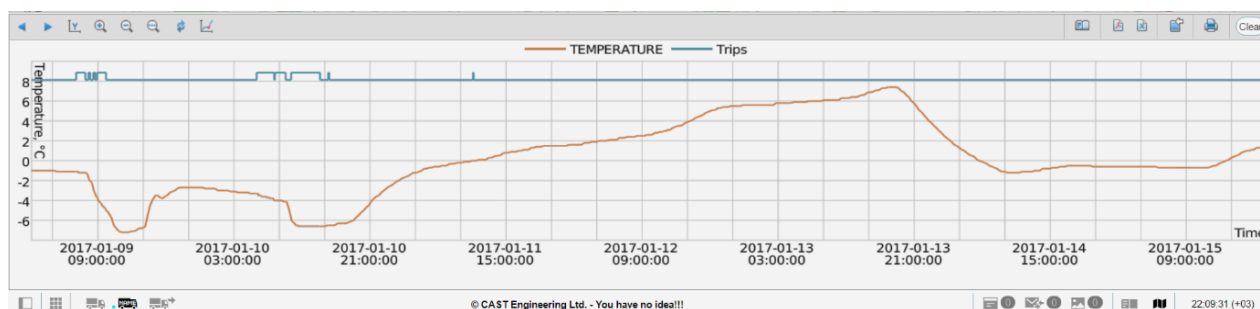


Fig. 3. Recording from an electronic temperature reading system

2. Determination of humidity

Grain hygrometers (fig. 4) are used for rapid determination of humidity. To determine the moisture in the grain according to BDS EN ISO 712: 2010, two methods are indicated:

- drying at 130°C, for the grain of more than one type of crop, and
- drying at 105°C, for grains containing essential oils.

At a temperature of 130°C, the empty weight glass is weighed together with the lid.

The whole weighing is performed to the nearest 1 mg. Spread a 4 - 5 g laboratory sample evenly on the bottom, place the lid and weigh again. In a preheated dryer, the weighing glass together with the tested seed is placed on its lid. When the temperature in the dryer reaches 130°C, the duration of drying - 60 min. After the time required for drying has elapsed, the weighing bottle with the seeds is removed, quickly covered with a lid and immediately placed in the desiccator for cooling (for 30 - 45 minutes). The cooled container is weighed together with the contents and the lid. Humidity is determined by the expression:

$$S = (M_2 - M_3) \cdot 100 / (M_2 - M_1), \quad (1)$$

where S is the moisture in g;

M_1 - the weight of the weighing glass with the lid, g;

M_2 - the weight of the weighing glass with the lid and the contents before drying, g;

M_3 - weight of the weighing glass with lid and contents after drying, g.

Moisture is determined in two repetitions simultaneously. The difference between the results of the two repetitions should not be greater than 0.2%. If it is greater, it must be determined again in two repetitions.

The method for determination at 105°C is similar to the method already described. The difference is as follows: The temperature in the dryer must be maintained at 105°C with a deviation of $\pm 3^\circ\text{C}$. The drying time is 16 hours. The relative humidity of the laboratory air during the determination must be 70%, as at 105 °C the high humidity has a significant effect on the results.

In both methods, the moisture content must be calculated to the nearest 0.1% and plotted in the place of analysis. The method used is also noted in the seed control document.



Fig. 4. Grain hygrometers for express analysis

a) - for grain in embankments;

b) - for a cereal sample

3. Types of impurities and methods for their determination in the grain

3.1. Pure grain - all seeds that correspond to the type of crop studied:

- Whole, ripe, undamaged seeds;
- Small, broken, immature or germinated seeds, provided that they can be identified as belonging to the species concerned;
- Broken seeds larger than half the original size of the seeds;
- Seeds without visible damage to the skin, whether full or empty;
- Seeds with openings (holes) caused by grain eaters or other pests, in which it can be determined with certainty whether most of half of the original size has been preserved;
- Seeds (botanical fruits or fruit-like parts), whether or not containing true seed, unless they can be easily identified as empty. Such are the monospermous fruits of the species valerian, chicory, sunflower and others;
- Fruits or semi-fruits of umbels, whether or not containing true seeds;
- Diseased seeds other than those modified by sclerotia or main seed fungi, as well as galls resulting from nematode infestation, which must be treated as inert impurities;
- Seeds of grasses and cereals, as well as monocotyledonous spikelets, which apparently contain karyopsis and endosperm;
- Bare seeds of grasses and cereals separated from the chaff.

All other than the above grains and plant impurities are separated by specialized machines (fig. 5 and fig. 6)

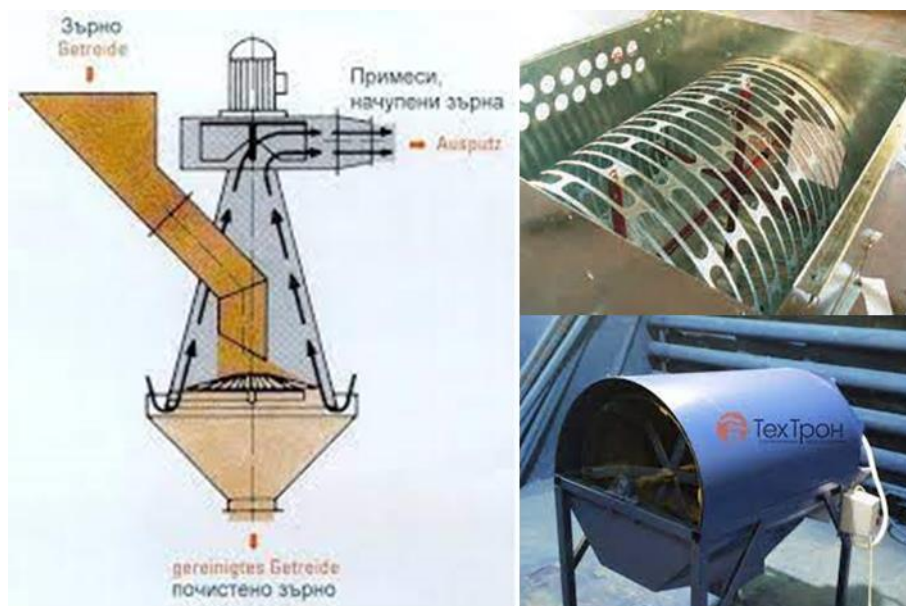


Fig. 5. Separation of broken grain and impurities

3.2. Seeds of other cultivated plants

Seeds of other cultivated crops are included. In deciding whether to refer to the seeds of other plants or to inert impurities, the rules laid down for pure seed must be observed.



Fig. 6. Separation of different fractions of impurities

3.3. Seeds of weeds

Seeds, bulbs and tubers of such plants, which are not grown as cultivated species. These include the seeds of cultivated plants, which in appearance do not differ from wild species and forms and belong to the weeds. For example, the seeds of poppy, sorrel, perennial legumes, carrots, cereal grasses, parsnips, cumin, and others are considered to be cereals, legumes, oilseeds, essential oils and technical crops.

3.4. Inert impurities

They are separated by specialized machines (fig. 7).

- Broken seeds from the test crop, equal to or less than half their original size.
- Seeds with holes caused by grain eaters, where it can be determined that the part eaten is half or more than half of the original size of the seed.
- Seeds (botanical fruits or fruit-like parts), in which it is easily established that there is no real seed (empty) - valerian, chicory, sunflower and others.

- Broken seeds of other crops equal to or less than half the original seed size.
 - Seeds of legumes, cruciferous, completely devoid of husk.
 - Empty chaff and individual sterile flowers of cereals.
 - Sterile (deaf) grain flowers, excluding cereals, which must be separated from whole seeds.
 - All damaged and immature weed seeds without germ or endosperm.
 - Seeds of plants of the genus *Cuscuta*, which are brittle (often abnormally large) or colored from ash - gray to creamy white.
 - Seeds of ragweed with missing shells and pericarp.
- “Completely blackened plantain seeds, whether they're rotten or not.”
- Other impurities - soil, leaves, galls of nematodes, flowers, sclerotia of fungi, other sclerotia and blight seeds and any impurities other than seeds.



Fig. 7. Separation of stones and other inert impurities

In order to analyze the purity sample, it must be divided into four parts: pure grain, impurities from other crops, weed impurities and inert impurities.

A laboratory sample is drawn from the middle sample in the manner of squares and triangles, after which the impurities are separated. If fruits are found in the laboratory sample, they are dissolved and the individual seeds are assigned to a given group of impurities.

After separation of the four components of the laboratory sample, they are weighed separately and the results are recorded on a seed control form.

The final result of the purity test is expressed as a percentage with an accuracy of 0.1%, the parts up to 0.04% are not taken into account and the parts from 0.05 to 0.09% are rounded to 0.1%.

If two whole or half samples are analyzed, the difference between the two analyzes must not exceed the tolerances of 0.16 to 3.65%.

In the case of certain weed impurities, impurities from other cultivated plants and harmful impurities (of the genus *Cuscuta*), the purity of the seed is determined as follows:

A laboratory sample is made from the average sample, after which weed impurities, impurities from other cultivated plants and harmful impurities are determined. It is separated so that no impurities remain in the pure grain. The separated impurity grains are counted and the result is recorded in the seed control form. Grain purity is expressed in the number of grains found in the analysis of the laboratory sample, with a specific weight for each species.

When determining the number of weed impurities, impurities from other cultivated plants and harmful impurities, the instructions given above must be followed.

4. Determining the infestation of storage pests

The amount of damage caused by pests depends on their timely detection and taking appropriate measures to destroy them. This determines the need for periodic infection control, which is carried out in the following terms (Tomova, 1990):

- at temperature of the grain mixture over 15°C - 1 time in 15 days;
- at temperature of the grain mixture from 5 to 15°C - 1 time in 30 days.
- The infestation of the grain mixture with storage pests (insects and arachnids) is determined by separate examination of all samples taken from the upper, middle and lower layer of the grain embankment.
 - From a cereal mixture stored in silo cells, the contamination is determined by the sample taken from the surface layer.
 - Samples to determine contamination are taken in accordance with the ability of the pests to migrate depending on the temperature and height of the grain embankment.

CONCLUSION

The production and storage of grain and seeds require systematic condition control, contributing to the quality of sowing material and grain. Grain production and storage of grain products form the political, economic and financial strategy of each country. If there is a lack of systematic control of facilities, grain storage regimes, sampling and formation, contamination of finished products, then planning will be unthinkable, production - insufficient, and financial losses – huge.

REFERENCES

- Dimov, I. & Krysteva, A. (2019). Technology of grain storage and grain processing, Part I. Basics of grain storage and grain processing. Yambol: Ya (*Оригинално заглавие: Димов И., А. Кръстева (2019). Технология на зърносъхранението и зърнопреработването, Част I. Основи на зърносъхранението и зърнопреработването. Ямбол: Изд. „Я“*)
- Dimitrov, D., Vitkov, V., Vasileva, M., Karakasheva, M. & Vasilev, S. (1988). Agrochemical and physiological bases of the quality of plant production. Sofia: Zemizdat (*Оригинално заглавие: Димитров Д., В. Витков, М. Василева, М. Каракашева, С. Василев (1988). Агрехимични и физиологични основи на качеството на растениевъдната продукция. София: Земиздат*)
- Tomova, N. (1990). Guide for exercises for storage of crop production. Sofia: Zemizdat (*Оригинално заглавие: Томова, Н. (1990). Ръководство за упражнения по съхраняване на растениевъдната продукция. София: Земиздат*)

MODELING OPTIMAL CONTROL OF AGRICULTURAL TRACTOR FOR FUEL CONSUMPTION¹

Eng. Vladimir Cekov – Student

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistic and Chemical Technologies
University of Ruse “Angel Kanchev”
E-mail: vlado79_vd@abv.bg

Assoc. Prof. Todor Delikostov, PhD

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistic and Chemical Technologies
University of Ruse “Angel Kanchev”
E-mail: delikostov@uni-ruse.bg

***Abstract:** In this paper a system for control of agricultural tractor propelled unit is considered. This system creates condition for decreasing liquid fuel consumption. The purpose and some special features of the main modules of the system are described.*

***Keywords:** agricultural tractor; optimum driving; fuel consumption*

ВЪВЕДЕНИЕ

Тракторният агрегат е едно от основните енергетични средства, използвани при извършването на различни земеделски операции. В условията на съвременното земеделие все по-голямо внимание се отделя на ефективността при извършване на различните земеделски дейности. За целта се търсят начини за повишаване производителността на труда и намаляване разходите за произвеждането на единица продукция.

Като се има в предвид развитието на тракторите става ясно, че до сега се очакваха значими резултати за повишаване на ефективността на работата в експлоатационни условия преди всичко чрез разработването на нови конструкции. През последните години обаче все по-голямо внимание се обръща на въпроса за повишаване ефективността на работата на тракторния агрегат чрез оптимизиране работата на отделните му агрегати и на управлението му като цяло.

За да се реализира оптимизиране работата на тракторния агрегат в експлоатационни условия е необходимо във всеки един момент да се получава информация за режима на неговата работа и на параметрите на този режим (натоварване, разход на гориво, теглителна сила, буксуване, скорост на движение и т.н.). Необходимо е да се познават сцепно-теглителните свойства на трактора, характеристиката на двигателя (външна и тези на частичните режими) и др., които определят поведението на тракторния агрегат в експлоатационни условия.

Целта на тази работа е да се изследва, чрез моделиране, разработени методика и алгоритъм, позволяващи оптимизиране работата на земеделски трактор по разход на гориво.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За осъществяване на посочената цел е използвана разработена принципна схема на система за оптимално управление на земеделски тракторен агрегат по разход на гориво (Stoykova V., T. Delikostov, I. Ginkov, D. Stanchev, 2004). Прието, че тракторният агрегат извършва определен вид работа върху даден почвен фон. Приема се, че основните

¹ Докладът е представен на онлайн студентската научна сесия на АИФ на 18.05.2021 г. с оригинално заглавие на български език: МОДЕЛИРАНЕ ОПТИМАЛНОТО УПРАВЛЕНИЕ НА ЗЕМЕДЕЛСКИ ТРАКТОР ПО РАЗХОД НА ГОРИВО

характеристики на този вид работа за определен минимален период от време (например $3 \div 10$ минути) се запазват сравнително постоянни ($F_T = \text{const}$, $V = \text{const}$).

За описване на процесите и получаване на данни за експлоатационните показатели постъпват непрекъснато данни за текущи параметри за определяне режима на работа на трактора и на неговите агрегати (текуща информация за момента и честотата на въртене на двигателя, разхода на гориво, включената предавка и т.н.). За тази цел върху трактора се монтират следните първични преобразуватели:

- за разход на гориво на двигателя;
- за честота на въртене на колянвия вал на двигателя и на първичния вал на предавателната кутия;
- за честота на въртене на вторичния вал на предавателната кутия (на входящия вал на централното предаване);
- за действителната скорост на движение.

В основата на използваната методика за определяне режима на работа на двигателя се използват теоретични зависимости, които позволяват по текущи данни за разхода на гориво G и честотата на въртене на двигателя n да се определя въртящия момент на двигателя M (Stoykova V., T. Delikostov, I. Ginkov, D. Stanchev, 2004). При известни M и n се изчисляват необходимите моменти и честоти на въртене на двигателя за останалите предавки. Определените за всяка предавка въртящ момент и честоти на въртене на двигателя се определя (прогнозира) часовия разход на гориво на съответната предавка [12]. След сравняване на разхода на гориво на отделните предавки се препоръчва предавката с най-малък разход на гориво и необходимата честота на въртене на двигателя така, че да се осигурят постоянни характеристики на извършваната работа преди и след превключването.

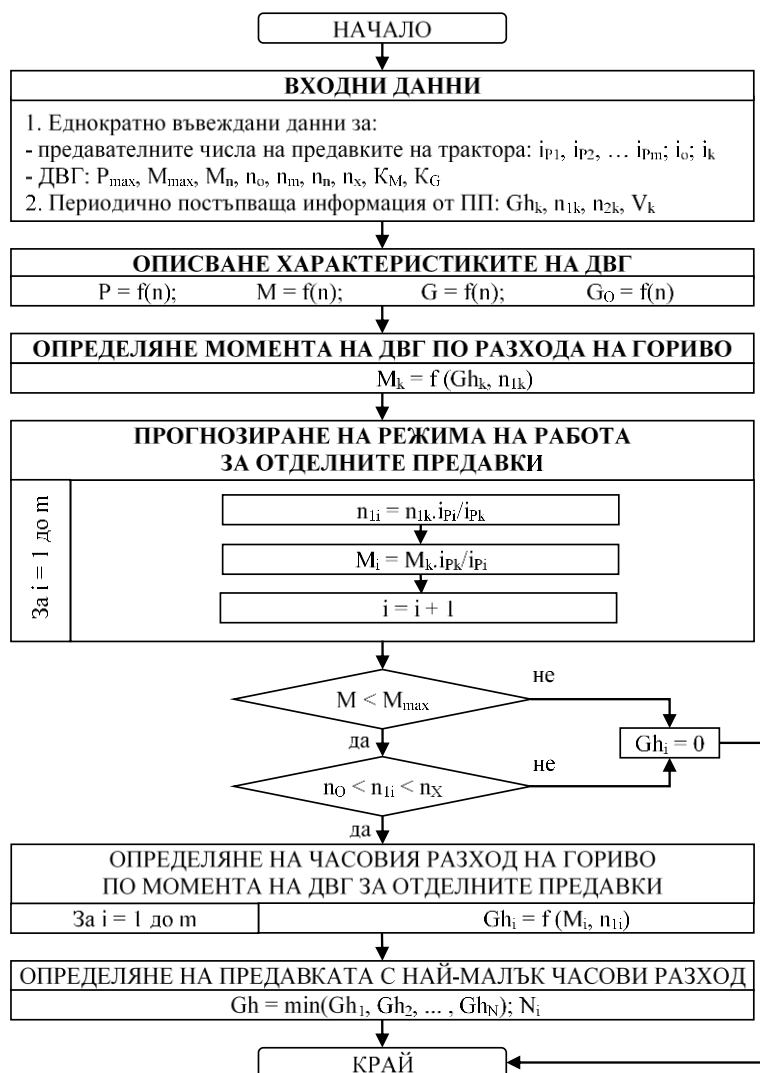
По описаната схема е започната реализацията на системата за оптимално управление по горивна икономичност на земеделски тракторен агрегат от клас 14 kN.

Съставен е алгоритъм на компютърна програмата, като се приема, че тракторният агрегат извършва определен вид работа, чиито характеристики са $F_T = \text{const}$ и $V = \text{const}$.

В началото е заложено въвеждането на информация за машината и за режима на работа (фиг.1). Информацията, свързана с характеристиките на ДВГ и на трансмисията на трактора се въвежда еднократно. Необходимите параметри на ДВГ за описване на неговите характеристики са максималната мощност P_{max} , максималният въртящ момент M_{max} , моментът при максимална мощност M_n , минималната честота на въртене n_o , честотата при M_{max} - n_M , номиналната честота n_n и максималната честота n_x . Необходимите основните характеристики на трансмисията са брой предавки m в предавателната кутия ПК и тяхното предавателно число i_{Pm} и предавателните числа на централната i_o и на крайната предавка i_k . Друга част от необходимата информация постъпва по време на работа непрекъснато от първичните преобразуватели ПП за разход гориво G , за честотата на въртене n_1 на колянвия вал КВ на двигателя с вътрешно горене ДВГ, за честотата на въртене n_2 на вторичния вал на предавателната кутия и за скоростта на движение на трактора V .

Еднократно въвежданата информация служи за описване на характеристиките на ДВГ чрез използване на аналитични зависимости за P , M , G и G_o от честотата на въртене n_1 на КВ на ДВГ. Въведените теоретични зависимости и параметри за характеристиките на ДВГ служат за определяне момента на ДВГ по разхода на гориво за текущата предавка и за прогнозиране на часовия разход на гориво с помощта на методика за определяне на G_h по M за останалите предавки (Stoykova V., T. Delikostov, I. Ginkov, D. Stanchev, 2004).

След като е определен моментът на двигателя за текущата предавка се пресмятат честотите на въртене и моментите за останалите предавки, като се спазва условието за запазване на стойностите на F_T и V . Получените резултати за честотата на въртене се проверяват дали попадат в диапазона $n_o - n_x$, а за момента на ДВГ - дали е по-малък от M_{max} . Предавки, за които тези условия не са спазени не могат да бъдат използвани за реализиране на установения режим на работа на машината. За тези предавки, които осигуряват поставените условия се определя часовият разход на гориво в зависимост от момента на двигателя за съответната предавка по методиката.



Фиг. 1. Блок-схема на алгоритъм на програма за оптимално управление на ЗТА

Алгоритъмът завършва с избор на предавката, осигуряваща минимален часов разход на гориво. Операциите се повтарят, когато разликата между предложения часов разход и този, получен от първичния преобразовател за гориво е по-голяма с ΔG от предложения.

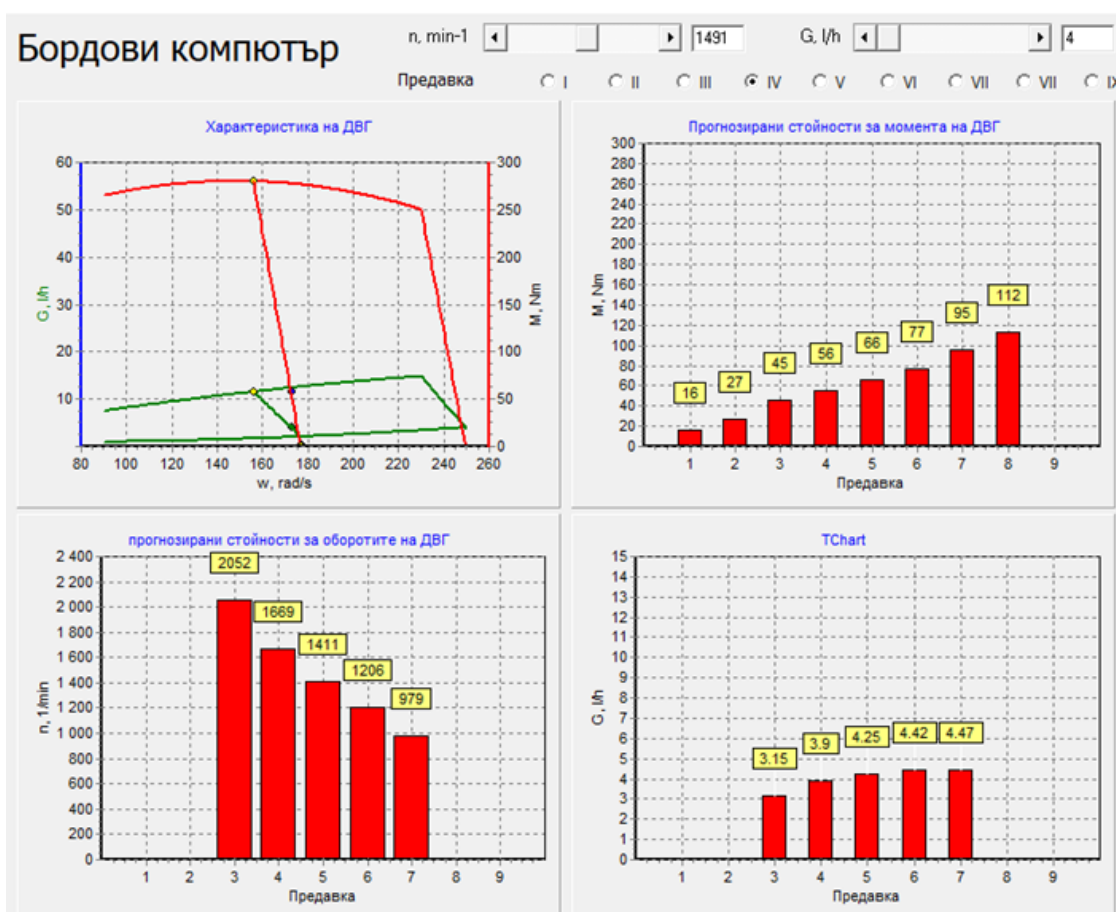
За моделирането на системата за оптимално управление е разработена компютърната програма „Бордови компютър“.

Въведени са входните данни, свързани с ДВГ и трансмисията на земеделски тракторен агрегат от клас 14 kN. За управление на оборотите на ДВГ и на часовия разход на гориво са използвани плъзгачи, позволяващи изменение на посочените параметри според характеристиките на ДВГ и тракторния агрегат.

На базата на въведени стойности за честотата на въртене на КВ на ДВГ, часовия разход на гориво и избраната предавка се прогнозира стойности на моментба на ДВГ на останалите предавки, като условието е прогнозният момент на ДВГ да бъде по-малък или равен на максималният въртящ момент на ДВГ. По този начин се определят възможните предавки, на които може да работи трактора при положение, че се запазват условията на работа - $F_T = const$, $V = const$.

Следващата стъпка е определяне на прогнозна честотата на въртене на КВ на ДВГ, при която е възможно запазването на условията на работа. Критерий за възможното използване на дадена предавка е дали получената прогнозна честота попада в границите от минимална до максимална честота на въртене на КВ на използвания ДВГ.

Последната стъпка в програмата е определяне на прогнозен разход на гориво за възможните предавки, на които може да се движи трактора при запазване условията на работа.



Фиг. 2. Компютърна програма за оптимално управление на ЗТА

ИЗВОДИ

Чрез разработената компютърна програма успешно е моделирано оптималното управление на земеделски трактор и се създават условия за повишаване на ефективността при извършване на различни земеделски операции, като се осигурява минимален разход на гориво за конкретните условия на работа.

За потвърждаване в реални експлоатационни условия на предложената система (методики и средства) за оптимално управление по разход на гориво е необходимо да се пристъпи към нейното реализиране.

REFERENCES

Stoykova V., T. Delikostov, I. Ginkov, D. Stanchev (2004). *A Flow Chart for an Optimal Management System of Agricultural Tractors*. Science, Technology, Technology and Education, Volume 1, Section 2, 92-97, ISBN 954-9999-33-5. (**Оригинално заглавие:** Стойкова В., Т. Деликостов, Ил. Гинков, Д. Станчев (2004). Блок-схема на система за оптимално управление на земеделски тракторен агрегат. Наука, техника, технологии и образование, том 1, секция 2, НТКМУ, ТК Ямбол, стр.92-97. ISBN 954-9999-33-5).

Stoykova V., T. Delikostov, I. Ginkov, D. Stanchev (2004). *Algorithm of a program for driving an agricultural tractor on fuel consumption*. Science, Technology, Technology and Education, Volume 1, Section 2, 98-103, ISBN 954-9999-33-5. (**Оригинално заглавие:** Стойкова В., Т. Деликостов, Ил. Гинков, Д. Станчев (2004). Алгоритъм на програма за управление на земеделски трактор по горивна икономичност. Наука, техника, технологии и образование, том 1, секция 2, НТКМУ, ТК Ямбол, стр.98-103. ISBN 954-9999-33-5).

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE FLUID FLOW RATE IN THE INTERNAL CIRCUIT OF HEAT PUMP INSTALLATION ON THE HEAT PUMP COEFFICIENT OF PERFORMANCE²

Petar Dimov – Student

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 886 881 753
E-mail: s182189@stud.uni-ruse.bg

Assist. Prof. Zhivko Kolev, PhD

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 82 888 304
E-mail: zkolev@uni-ruse.bg

***Abstract:** The paper presents methodics and results for investigation of the fluid flow rate in the internal circuit of laboratory reversible heat pump installation type “water to water”, operates in “heating” mode, on the heat pump coefficient of performance. For this purpose, the heat pump electrical power has been measured by multifunctional measuring device, and the internal heat flow has been measured by heat flow meter.*

***Keywords:** Fluid Flow Rate, Heat Pump Installation, Coefficient of Performance.*

ВЪВЕДЕНИЕ

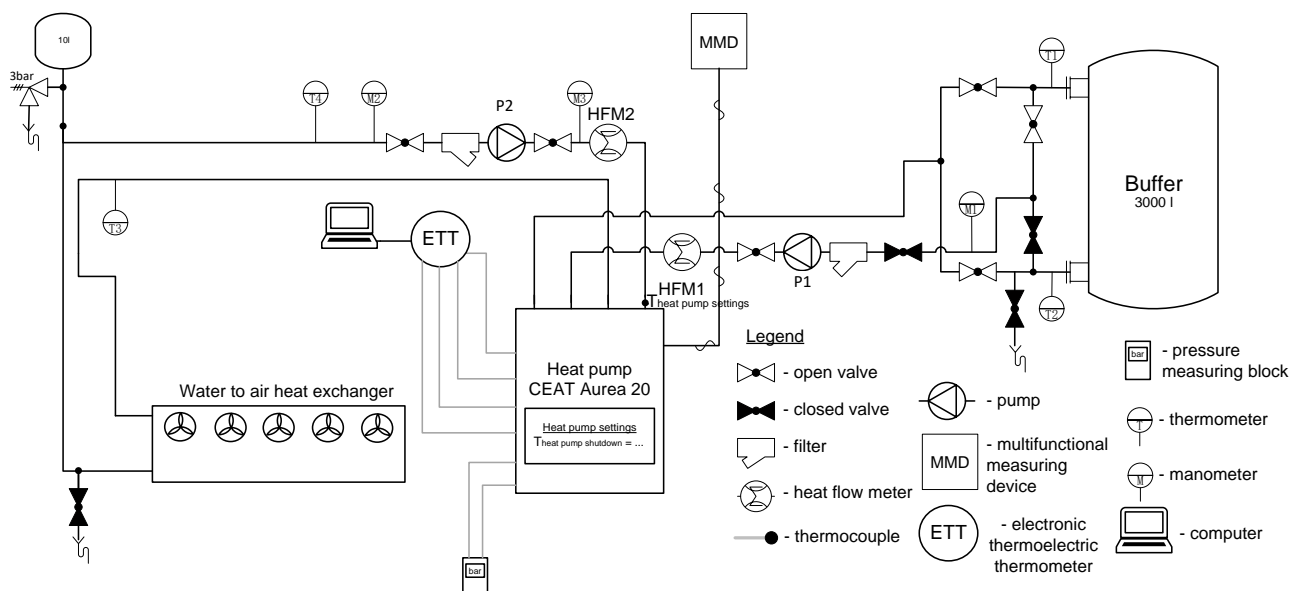
Термопомпените инсталации и системи намират разнообразно приложение – за поддържане на микроклимат в различни сгради и помещения, за затопляне на вода за битови нужди, за пречистване на отпадни води и др. Едни от най-разпространените термопомпени инсталации са реверсивните инсталации тип „вода-вода“, използващи подземен топлоизточник, характеризиращ се с почти постоянна във времето температура (Bobilov, V., Genchev, G., Mushakov, P., Zlatev, P., Kolev, Zh., 2011; Ivanov, D., Kolev, Zh., 2020). Оптимизиране работата на термопомпените инсталации може да се постигне чрез определяне влиянието на различните управляващи фактори върху основните параметри, характеризиращи тяхната ефективност. Един входните фактори, оказващи влияние върху коефициента на трансформация на термопомпата, е дебита на флуида, течащ във вътрешния кръг на инсталацията (Kolev, Zh., Mushakov, P., Bobilov, V., Zlatev, P., 2016). Изследвано е влиянието на дебита на водата във вътрешния кръг на лабораторна реверсивна термопомпена инсталация „вода-вода“, работеща в режим „отопление“, върху коефициента на трансформация на термопомпата.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Лабораторна инсталация

На фиг. 1 е представена принципна схема на лабораторната термопомпена инсталация. Термопомпата е реверсивна, което позволява да се осъществяват изследвания в „летен“ и „зимен“ режими. Като топлинен източник се използва воден буфер. Топлинният консуматор е двустепенен водо-въздушен топлообменен апарат.

² Докладът е представен на онлайн студентската научна сесия на АИФ на 18.05.2021 г. с оригинално заглавие на български език: ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ДЕБИТА НА ФЛУИДА, ТЕЧАЩ ВЪВ ВЪТРЕШНИЯ КРЪГ НА ТЕРМОПОМПЕНА ИНСТАЛАЦИЯ, ВЪРХУ КОЕФИЦИЕНТА НА ТРАНСФОРМАЦИЯ НА ТЕРМОПОМПАТА



Фиг. 1. Принципна схема на лабораторната инсталация

С цел запазване на постоянна температурата на водата, постъпваща от буфера в термopомпата, са спазени условията за стратификация в буфера.

При режим „отопление“ на инсталацията, работата на термopомпата се регулира чрез регулиране на температурата, при която термopомпата се изключва (температурата на водата, идваща от топлинния консуматор и влизаща в изпарителя на термopомпата), както и чрез регулиране на температурния диапазон на включване и изключване на термopомпата. При конкретното изследване тези входни фактори са с постоянни стойности.

Методика за определяне на коефициента на трансформация на термopомпата

Коефициентът на трансформация на термopомпата (COP) се изчислява по формулата:

$$COP = \frac{Q_{internal}}{P_{el.-HP}} \quad (1)$$

където: $Q_{internal}$ е обмененият топлинен поток между топлоносителя и околната среда във вътрешния кръг на инсталацията, kW;

$P_{el.-HP}$ – конструирана електрическа мощност от компресора на термopомпата, kW.

Топлинният поток във вътрешния кръг на инсталацията се отчита по показанието на топломера HFM2 (фиг. 1). На фиг. 2 са показани топломерите в двата кръга на инсталацията.



Фиг. 2. Топломери в двата кръга на инсталацията

Електрическата мощност, консумирана от компресора на термopомпата се отчита по показанието на мултифункционалното измерващо устройство MMD, показано на фиг. 3.



Фиг. 3. Мултифункционално измерващо устройство

Дебита на флуида, течащ във вътрешния кръг на инсталацията, се регулира чрез вентила, монтиран след помпата P2 (фиг. 1). Тъй, като това е сферичен вентил, за регулиране на обемния дебит през сравнително еднакви диапазони, е построена скала чрез предварително експериментално изследване (фиг. 4).



Фиг. 4. Вентил за регулиране на дебита на флуида, течащ във вътрешния кръг на инсталацията

Получени резултати

Изследването е осъществено при четири различни стойности на обемния дебит на водата във вътрешния кръг на инсталацията $\dot{V}_{internal}$, m³/s

Отчитането на стойностите на $Q_{internal}$ и $P_{el.-HP}$ се осъществява през няколко секунди в рамките на съответния цикъл на работа на термopомпата (таблица 1).

Таблица 1. Получени моментни стойности на $Q_{internal}$ и $P_{el.-HP}$

позиция III на вентила		позиция IV на вентила		позиция VI на вентила		позиция VII на вентила	
Q, kW	Pel., kW	Q, kW	Pel., kW	Q, kW	Pel., kW	Q, kW	Pel., kW
3.939	1.1	3.769	1.09	3.612	1.09	4.11	1.09
3.961	1.11	3.867	1.1	3.633	1.09	4.413	1.09
3.882	1.12	3.909	1.1	3.843	1.09	4.338	1.09
3.969	1.13	3.877	1.11	3.738	1.1	3.99	1.1
3.641	1.13	3.833	1.11	3.758	1.1	3.824	1.12

PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2021, volume 60, book 1.2.

3.392	1.14		3.938	1.12		3.684	1.11		3.58	1.13
3.875	1.15		3.56	1.12		3.758	1.11		3.636	1.14
3.32	1.16		3.572	1.13		3.864	1.12		3.517	1.14
3.536	1.17		3.705	1.14		3.804	1.12		3.579	1.15
3.243	1.17		3.783	1.14		3.461	1.12		3.565	1.15
3.411	1.18		3.574	1.14		3.617	1.13		3.726	1.16
3.422	1.18		3.307	1.15		3.331	1.13		3.718	1.16
3.371	1.19		3.808	1.16		3.581	1.14		3.472	1.17
3.292	1.2		3.553	1.16		3.568	1.14		3.766	1.18
3.431	1.2		3.601	1.16		3.573	1.14		3.854	1.18
3.715	1.21		3.724	1.17		3.684	1.15		3.653	1.18
3.755	1.21		3.809	1.18		3.634	1.15		3.983	1.19
3.627	1.22		3.669	1.18		3.526	1.16		3.65	1.19
3.675	1.23		3.882	1.18		3.631	1.16		3.528	1.2
3.687	1.23		3.864	1.19		3.684	1.16		3.918	1.2
3.92	1.23		3.573	1.19		3.599	1.17		3.725	1.21
3.653	1.24		3.918	1.19		3.711	1.17		3.681	1.21
3.738	1.25		4.041	1.2		3.677	1.18		3.917	1.21
3.947	1.25		3.54	1.2		3.637	1.17		3.902	1.22
3.825	1.25		4.005	1.2		3.692	1.18		3.506	1.22
4.053	1.25		3.249	1.21		3.929	1.19		3.776	1.23
3.923	1.26		3.587	1.21		3.956	1.19		3.885	1.23
3.76	1.26		3.918	1.21		3.666	1.19		4.021	1.23
3.702	1.26		3.746	1.22		3.605	1.19		3.975	1.24
4.141	1.27		3.858	1.22		3.802	1.2		3.769	1.24
3.94	1.27		4.076	1.22		3.495	1.2		3.683	1.24
3.956	1.27		3.587	1.23		4.009	1.21		3.916	1.24
3.89	1.27		3.702	1.23		3.799	1.21		3.941	1.25
3.968	1.28		3.829	1.23		3.522	1.21		4.091	1.25
4.305	1.28		3.869	1.24		3.745	1.21		3.992	1.25
3.971	1.28		3.945	1.24		3.761	1.21		4.14	1.25
3.844	1.28		3.819	1.24		3.845	1.22		3.895	1.26
4.172	1.29		4.072	1.24		3.487	1.22		3.887	1.26
4.386	1.29		3.965	1.24		3.714	1.22		4.178	1.27
4.1	1.29		3.936	1.25		3.908	1.23		4.105	1.27
4.105	1.29		3.89	1.25		3.669	1.22		3.956	1.27
4.126	1.3		3.82	1.25		4.103	1.23		4.386	1.27
4.268	1.3		3.847	1.25		3.813	1.23		4.263	1.28
4.544	1.3		4.257	1.26		3.821	1.23		3.926	1.28
4.331	1.3		4.141	1.26		4.131	1.24		4.214	1.28
4.309	1.31		3.835	1.26		3.967	1.24		4.076	1.28
4.26	1.31		3.889	1.27		4.34	1.24		4.3	1.28
4.259	1.31		3.798	1.27		3.954	1.24		4.23	1.29
4.755	1.3		4.077	1.27		4.037	1.24		4.263	1.3
4.544	1.31		4.23	1.27		4.09	1.25		4.019	1.29
4.174	1.31		4.069	1.27		4.044	1.25		4.036	1.29
4.315	1.31		4.099	1.28		3.87	1.25		4.102	1.3
4.577	1.32		4.289	1.28		4.002	1.25		4.289	1.3
4.289	1.32		4.19	1.28		4.255	1.25		3.889	1.31
4.403	1.32		4.275	1.28		4.272	1.25		4.676	1.3
4.807	1.32		4.224	1.28		3.887	1.26		4.276	1.3
4.256	1.32		4.103	1.29		4.003	1.26		3.978	1.31
4.305	1.32		4.133	1.28		4.19	1.26		4.06	1.31
4.528	1.32		4.29	1.29		3.94	1.26		4.311	1.31
4.233	1.33		4.572	1.29		4.12	1.27		4.571	1.31
4.363	1.33		4.049	1.29		3.925	1.27		4.244	1.32
4.5	1.33		3.958	1.29		4.082	1.27		4.14	1.32
4.641	1.33		4.401	1.29		4.105	1.27		4.297	1.31
4.342	1.33		4.088	1.29		3.932	1.27		4.492	1.32
3.871	1.33		4.468	1.3		4.003	1.28		4.28	1.32
4.586	1.34		4.138	1.31		4.185	1.28		4.333	1.32

PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2021, volume 60, book 1.2.

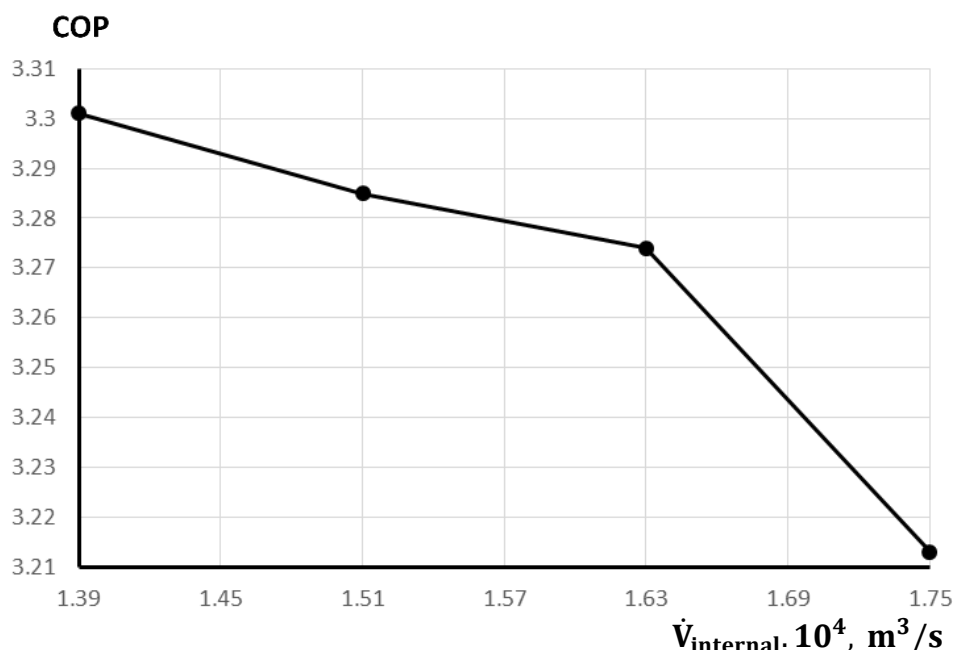
4.221	1.33		4.389	1.3		4.002	1.28		4.552	1.32
3.886	1.34		4.278	1.31		4.081	1.28		4.508	1.33
4.558	1.33		4.362	1.3		4.353	1.28		4.071	1.33
4.291	1.34		4.326	1.3		4.432	1.28		4.374	1.32
4.548	1.33		4.406	1.31		4.472	1.29		4.693	1.33
4.504	1.34		4.305	1.31		4.104	1.29		4.774	1.33
4.267	1.34		4.335	1.31		4.06	1.29		4.502	1.33
4.489	1.34		4.305	1.32		4.157	1.29		4.216	1.33
4.307	1.35		4.237	1.31		4.096	1.29		4.509	1.33
4.827	1.35		4.275	1.31		4.288	1.29		4.294	1.34
4.342	1.34		4.937	1.31		4.166	1.3		4.191	1.34
4.651	1.35		4.531	1.32		4.458	1.29		4.298	1.34
4.322	1.35		4.836	1.32		4.402	1.3		4.319	1.34
4.559	1.35		4.283	1.32		4.304	1.3		4.457	1.34
4.462	1.35		4.13	1.32		4.032	1.3		4.779	1.35
4.284	1.35		4.408	1.32		4.425	1.3		4.715	1.35
			4.508	1.32		4.189	1.3		4.615	1.35
			4.836	1.32		4.271	1.31		4.68	1.34
			4.414	1.33		4.393	1.31		4.332	1.34
			4.448	1.33		4.357	1.3		4.023	1.35
			4.355	1.33		4.281	1.31		4.71	1.35
			4.622	1.33		4.338	1.31		4.659	1.35
			4.385	1.33		4.195	1.31		4.769	1.35
			4.183	1.33		4.354	1.31		4.512	1.35
			4.824	1.34		4.33	1.31		4.392	1.36
			4.196	1.33		4.496	1.32		4.446	1.35
			4.144	1.34		4.665	1.31		4.835	1.36
			4.918	1.34		4.556	1.32		4.936	1.35
			4.506	1.34		4.523	1.32		4.447	1.36
			4.522	1.34		4.449	1.32		4.431	1.36
			4.437	1.34		4.569	1.32		4.591	1.36
			4.396	1.34		4.426	1.32		4.406	1.36
			4.301	1.35		4.233	1.32		4.709	1.36
			4.605	1.34		4.731	1.32		4.875	1.37
			4.784	1.35		4.537	1.32		4.488	1.36
			4.666	1.35		4.607	1.32		4.726	1.37
			4.359	1.35		4.404	1.33		4.907	1.36
			4.155	1.35		4.548	1.32		4.97	1.37
			4.59	1.35		4.413	1.33		4.542	1.37
			5.075	1.35		4.393	1.33		4.763	1.37
			4.622	1.35		4.309	1.33		4.475	1.37
			4.586	1.35		4.651	1.33		4.382	1.38
			4.852	1.35		4.762	1.34		4.738	1.37
			4.421	1.36		4.562	1.33		4.745	1.37
						4.357	1.34		4.291	1.37
						4.396	1.34		4.593	1.38
						4.548	1.34		4.793	1.38
						4.608	1.34		4.547	1.38
						4.337	1.34		4.593	1.38
						4.624	1.34		4.767	1.38
						4.559	1.34		4.644	1.38
						4.953	1.34		4.662	1.38
						4.553	1.35		4.981	1.38
						4.812	1.35		5.072	1.39
						4.434	1.35		4.653	1.39
						4.741	1.35		4.58	1.39
						4.865	1.35		4.667	1.4
						4.761	1.35			
						4.7	1.35			
						4.579	1.35			

						4.61	1.36		
						4.557	1.36		
						4.618	1.35		
						4.583	1.36		
						4.331	1.36		
						4.531	1.36		
						4.452	1.36		
						4.607	1.36		
						4.581	1.36		
						4.384	1.36		
						4.037	1.36		
						4.551	1.36		
						4.737	1.37		
						4.685	1.36		
						4.346	1.36		
						4.38	1.37		
						4.449	1.37		
						4.667	1.36		
						4.763	1.37		
						4.53	1.37		
						4.626	1.38		

От резултатите, представени в табл. 1 се вижда, че най-малка продължителност има цикъла на термopомпата, реализиран при най-голям дебит на флуида, течащ във вътрешния кръг на инсталацията, а най-голяма – при третата по големина стойност на обемния дебит.

Получените моментни стойности на $Q_{internal}$ и $P_{el.-HP}$ се осредняват.

На фиг. 5 е представена графичната зависимост между коефициента на трансформация на термopомпата и дебита на флуида във вътрешния кръг на инсталацията.



Фиг. 5. Изменение на коефициента на трансформация на термopомпата при регулиране на дебита на водата във вътрешния кръг на инсталацията

От представените на фиг.5 резултати следва, че по-съществено влияние върху изменението на COP оказва изменението на $Q_{internal}$, отколкото изменението на $P_{el.-HP}$. $Q_{internal}$ се понижава, защото по-голямо влияние върху неговото изменение оказва понижаването на температурната разлика „вход – изход“ на термopомпата, отколкото повишаването на $\dot{V}_{internal}$.

ИЗВОДИ

Разработена е методика за определяне на коефициента на трансформация през съответните цикли на работа на термopомпата, съответстващи на различни стойности на дебита на флуида, течащ във вътрешния кръг на термopомпената инсталация.

За определяне на средните стойности на топлинния поток и електрическата мощност на компресора, са отчитани моментни стойности на тези параметри през няколко секунди, в периодите на работа на термopомпата.

За регулиране на дебита на флуида, течащ във вътрешния кръг на инсталацията, е построена скала на сферичния вентил, монтиран след циркуляционната помпа, чрез предварително осъществено експериментално изследване.

Установено е, че при увеличаване на дебита на топлоносителя във вътрешния кръг на инсталацията се понижава коефициента на трансформация на термopомпата. При цялостно изменение на обемният дебит с 25,9 %, коефициентът на трансформация се изменя с 2,7 %.

REFERENCES

Bobilov, V., Genchev, G., Mushakov, P., Zlatev, P., Kolev, Zh. *Investigation method of the coefficient of performance of reversible water–water heat pump*. Proceedings of Conference of University of Ruse, volume 50, book 1.2, Ruse, 2011, pp. 8-12. (**Оригинално заглавие:** Бобилков, В., Генчев, Г, Мушаков, П., Златев, П., Колев, Ж.. Методика за изследване коефициента на трансформация на реверсивна термopомпа „вода – вода”. *Научни трудове на РУ “А. Кънчев”*, Русе, 2011, том 50, серия 1.2, с. 8–12).

Ivanov, D., Kolev, Zh. *Determination of heat transfer parameters of an experimental “water to air” heat exchanger*. 59th Science Conference of Ruse University - SSS, volume 59, book 1.2, Ruse, 2020, pp. 11-14.

Kolev, Zh., Mushakov, P., Bobilov, V., Zlatev, P. *Investigation the influence of the water volume flow in the convector on the parameters of laboratory heat pump installation*. 5th International Conference of Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD 2016), 02-04 June, hotel “Atlas” - Golden Sands, Bulgaria, 2016, pp. 75-80.

ANALYSIS OF THE METHODS FOR TRIMMING THE IMPELLERS OF CENTRIFUGAL PUMPS³

Desislava Nikolova, PhD Student

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 82 888 766
E-mail: dpnikolova@uni-ruse.bg

Prof. Gencho Popov, PhD

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 82 888 580
E-mail: gspopov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Kliment Klimentov, PhD

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 82 888 581
E-mail: kklimentov@uni-ruse.bg

***Abstract:** The report discusses the methods used for trimming the impellers in order to reduce the flow rate of the centrifugal pumps. Their advantages and disadvantages are indicated. The formulas, offered by different authors for calculating of the indicators of the pumps, obtained during trimming the impellers, are presented. A brief analysis of the methods used by various authors for trimming the impellers of centrifugal pumps is made. The errors that occur, when determining the flow when trimming the impellers for twenty-two types of pumps in two of the options for calculating the pumps, produced in Bulgaria are presented.*

***Keywords:** Fluid Flow Rate, Heat Pump Installation, Coefficient of Performance.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Много често стандартно произвежданите помпи не съответстват на необходимите показатели, които са необходими на потребителите. За съгласуване на показателите на помпите с тези на потребителите в инженерната практика се е наложил методът за подрязване на работното колело, т.е. намаляване на външният диаметър D_2 на работното колело. При подрязване на работното колело на помпата се запазват размерите на останалите елементи на помпата. Посредством това „подрязване на работното колело“ дебитът и напорът на дадена помпа се намаляват до стойности, изисквани от потребителя. Запазва се честотата на въртене на вала на помпата и не се губи допълнителна енергия за регулиране. При намаляване на външния диаметър на работното колело се променят работната характеристика на помпата и специфичната ѝ честота на въртене – n_s .

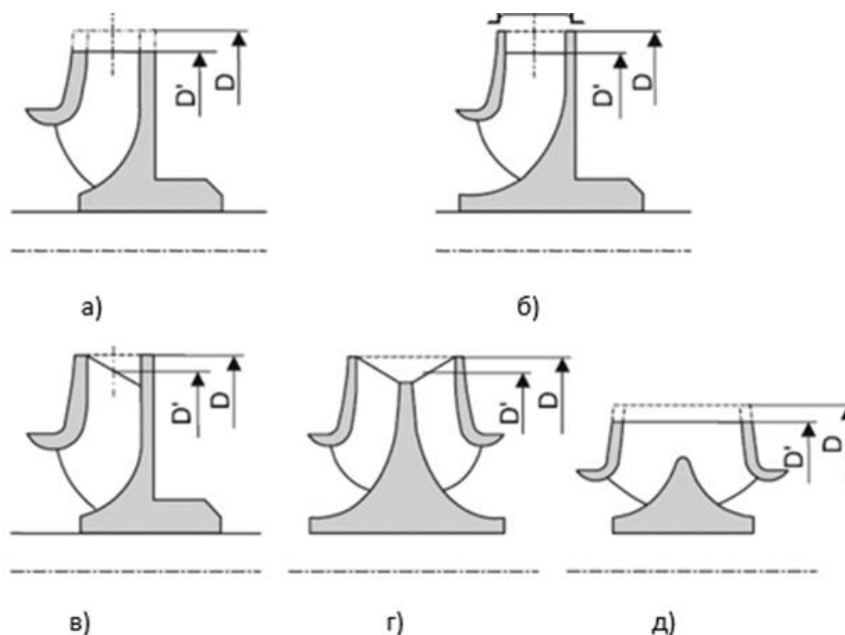
Видове подрязвания на работните колела.

В работа (Gulich J., 2020) са представени основните схеми за подрязване на работни колела (фиг. 1). Най-често използваният метод е чрез подрязване изцяло на работното колело (фиг. 1а). Дисковете и лопатките на работното колело се намаляват до диаметър D_2^1 . На (фиг. 1б) е показан случай, когато се струговат само лопатките до диаметър D_2^1 , а дисковете се запазват на основния диаметър D_2 . От една страна при този метод, като се запазват дисковете пространството след работните лопати, служи като безлопатъчен дифузور и намалява

³ Докладът е представен на онлайн студентската научна сесия на АИФ на 18.05.2021 г. с оригинално заглавие на български език: АНАЛИЗ НА МЕТОДИТЕ ЗА ПОДРЯЗВАНЕ НА РАБОТНИТЕ КОЛЕЛА НА ЦЕНТРОБЕЖНИ ПОМПИ

хидравличните загуби. От друга страна, запазвайки дисковете, това води до относително по-големи загуби от дисково триене (запазват се същите загуби като на оригиналното работно колело) и води до намаляване на к.п.д. Наклонено (косо) подрязване с наклон към основния диск (фиг. 1в). Такова подрязване увеличава налягането при понижени дебити и предпазва помпите от спадаща характеристика (при дебит $Q = 0$, напорът на помпата е по-висок). Ъгълът на подрязване се избира между 5° и 15° . Това ограничение е от съображение да не се скъси прекомерно задната лопатка. Това подрязване се препоръчва за помпи с $n_s > 150$. Препоръчва се и за помпи с двустранно засмукване като подрязването се извършва към вътрешния диск. Помпите с двустранно засмукване на работното колело с нисък n_s се подрязват така, че задните ръбове на лопатките да останат успоредни на оста на ротора, (фиг. 2д).

При подрязване, намаляването на дебита и напора зависят от много параметри, които не могат да бъдат предсказани. Затова, за предпочитане е работното колело да се подрязва на стъпки. По този начин се намалява рискът от пропускане желания работен режим, ако подрежем в по-голяма степен работното колело.



Фиг. 1. Видове подрязвания на работните колела.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Пресмятане на показателите на помпата при подрязване

При намаляване на относителния диаметър на подрязване $\frac{D_1}{D_2}$ напорът на помпата

намалява в по-голяма степен, в сравнение с намалението на дебита, а това води до увеличаване на специфичната честота на въртене - n_s . Коефициентът на полезно действие (к.п.д.) също намалява, тъй като се запазват механичните загуби в лагерите и уплътненията, променя се ъгълът β_2 на течението на изхода на работното колело и се увеличават хидравличните загуби. При подрязването на работното колело се нарушава геометричното подобие на помпата, тъй като при намаляване на D_2 , ширината на работното колело и другите размери се запазват. Следователно, законите, които се използват при подрязване на работни колела на центробежни помпи нямат съответствие със законите на подобие използвани при турбомашините. При намаляване на D_2 и запазване на постоянна честота на въртене, новите показатели могат да се пресмятат по следните зависимости (Aizenshchein, M. D., 1957; Zlatarev. P., 1979):

$$\frac{Q^1}{Q} = \frac{D_2^1}{D_2} \quad \frac{H^1}{H} = \left(\frac{D_2^1}{D_2} \right)^2 \quad (1)$$

където Q и Q^1 са дебитите на помпата преди и след подрязване на работното колело; H и H^1 - напорите на помпата преди и след подрязване на работното колело; D_2 и D_2^1 – външните диаметри на работното колело преди подрязване и след подрязване.

Фирма **KSB** и в работа (Lomakin D.A., Korotkov V.V., 2017) се препоръчва при подрязване на работното колело пресмятането на показателите да се извършва по следните зависимости:

$$\frac{Q^1}{Q} = \frac{H^1}{H} = \left(\frac{D_2^1}{D_2} \right)^2 \quad (2)$$

В работа (Gulich J., 2020) се предлага аналогична зависимост, но с друг показател:

$$\frac{Q^1}{Q} = \frac{H^1}{H} = \left(\frac{D_2^1}{D_2} \right)^m \quad (3)$$

Степенният показател m е между 2 и 3. Ако лопатките са по-къси от дължината на профила на изхода, m е по-близо до 3 при подрязване. Ако подрязването надвишава 5% от диаметъра на работното колело, m е близо 2. Ако ъглите β_{2B} и b_2 не се променят с радиуса, на теория се прилага $m = 2$. Степенният показател m , изчислен въз основа на опитни резултати, получени при подрязване на работните колела:

$$m = 2.08 + 1.1 \text{EXP} \left(15 \frac{D_2^1}{D_2} - 1 \right) \quad (4)$$

$$m = 2.08 + 1.2 \text{EXP} \left(7.5 \frac{H^1}{H} - 1 \right) \quad (5)$$

Показателят m може да бъде пресметнат от тестовите изпитвания на помпи с подрязани работни колела:

$$m_Q = \frac{\ln \frac{Q^1}{Q}}{\ln \frac{D_2^1}{D_2}}; \quad m_H = \frac{\ln \frac{H^1}{H}}{\ln \frac{D_2^1}{D_2}} \quad (6)$$

където: m_Q е степенният показател при пресмятане дебита на помпата при работа с подрязано работно колело; m_H – степенният показател при пресмятане на напора.

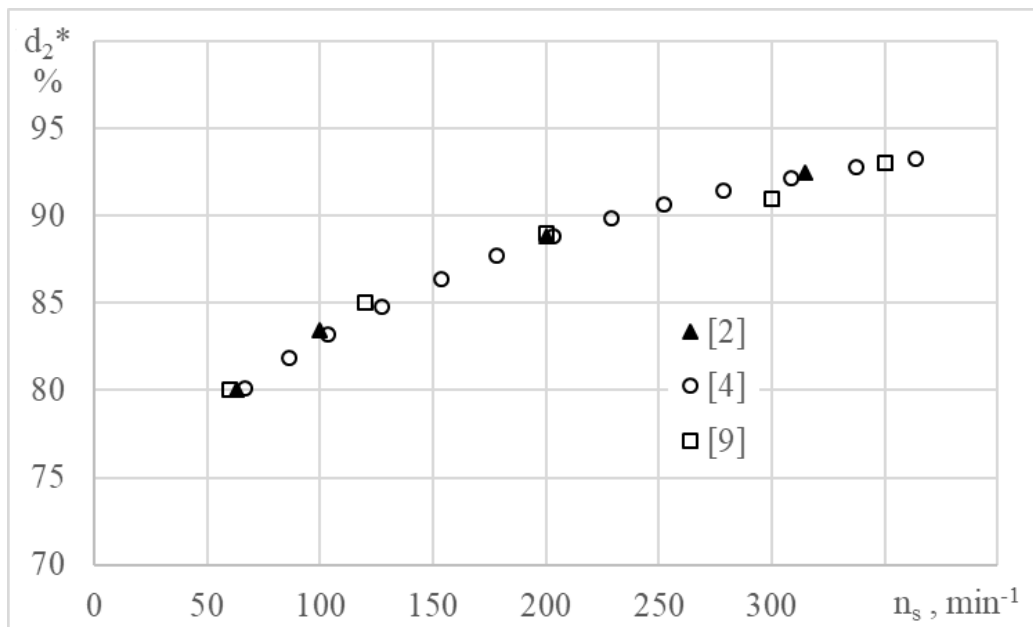
При подрязване на работното колело к.п.д. на помпата намалява. За пресмятането му в (Gulich J. 2020) препоръчва намалението да се пресмята по израза:

$$\Delta\eta = \varepsilon \left(1 - \frac{D_2^1}{D_2} \right) \quad (7)$$

където: $\varepsilon = (0,15 \div 0,25)$ за помпи със спирални нагнетателни тела; $\varepsilon = (0,4 \div 0,5)$ за помпи с дифузори.

Ефективността на помпата може да се увеличи при малки степени на подрязване и ниски специфични честоти n_s . Това се дължи на загубите от дисково триене на работното колело, които намаляват с 5-та степен на диаметъра на работното колело в сравнение с хидравличните загуби.

Степента на подрязване зависи от специфичната честота n_s . На фиг. 2 са обобщени препоръките на различни автори за изменението на относителния диаметър на подрязване $d_2^* = \frac{D_2^1}{D_2}$ в зависимост от n_s . От фигурата се вижда, че дадените препоръки за степента на подрязване с малки отклонения, почти съвпадат.



Фиг. 2. Допустима степен на подрязване в зависимост от n_s
 2-Zlatarev. P. (1979; 4-Lomakin D.A., Korotkov V.V.(2017); 9- Kai Wang, Zixu Zhang, Linglin Jiang, Houlin Liu and Yu Li.(2017)

За пресмятане на максималните степени на подрязвания в работа [5] се препоръчва:

- за $n_q < 40$

$$\frac{D_2^1}{D_2} \geq (0,8 \div 0,85) \quad (8)$$

- за $n_q > 40$

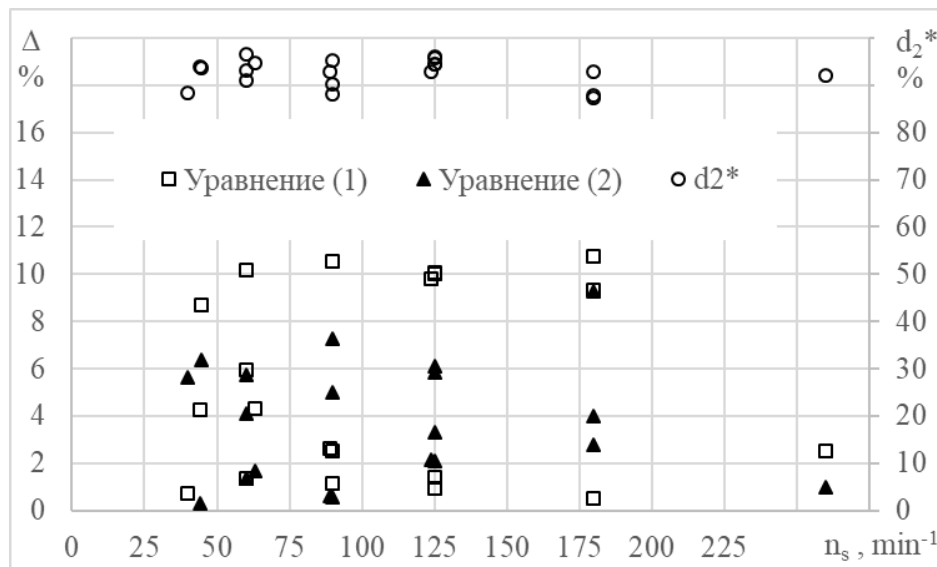
$$\frac{D_2^1}{D_2} \geq (0,8 \div 0,85) + 0,0025(n_q - 40) \quad (9)$$

където: $n_q = n_s / 3,65$

Границите, определени от уравнение (8), се прилагат за средни помпи. Работните колела на малки помпи (където шумът и вибрациите не се считат за проблем) понякога се подрязват на диаметри по-малки от предвидените в уравнение (8). Колкото по-голяма е консумацията на енергия на помпата, толкова по-малко подрязване трябва да се използва, за да се намали рискът от вибрации, шум и кавитация. При подрязването, лопатките се скъсяват и натоварването им се увеличава. Това може да причини по-висок кавитационен шум. Големите помпи с ниско налягане, избрани по този начин, могат да станат много шумни, защото големите повърхности на тънкостенните корпуси излъчват много ефективен шум. Този проблем често се среща при едностъпални помпи с двустранно засмукващи работни колела, при които проблемът с шума се усложнява от неравномерния поток, получен в резултат на подрязването.

Анализ на публикации, свързани с подрязване на работните колела.

В работа (Popov G., B. Kostov, Kl. Climentov, 2010). “Относно характеристиките на български центробежни помпи при подрязване на работното колело” с автори: проф. д-р Г. Попов, д-р Б. Костов и доц. д-р Кл. Климентов са изведени уравненията на едностъпални центробежни помпи със спирални тела, произвеждани от фирма ВИПОМ – Видин. Характеристиките при подрязване на работните колела са пресметнати по двете препоръчвани зависимости (1 и 2). Определени са грешките, които се получават за пресмятане на показателите при подрязване на работните колела за всичките 22 вида произвеждани помпи. На фиг. 3 са представени относителният диаметър d_2^* на подрязване на работните колела, относителните грешки – Δ в % на относителния дебит Q , във функция от специфичната честота на въртене n_s .



Фиг. 3. Разпределение на относителната грешка по уравнения (1) и (2) и относителния диаметър на подрязване в зависимост от n_s

От фигурата се вижда, че предлаганите формули (1) и (2) за пресмятане на показателите на помпата при подрязване на работното колело не дават добро съвпадение за българските помпи, произведени от ВИПОМ.

При анализа за изменението на коефициентът на полезно действие – $\Delta\eta$ във зависимост от n_s се установява, че намалението на η е в диапазона от 1- 2 %. Изключение има при високите стойности на n_s , като намалението достига до 4 %. При тези помпи относителният диаметър на подрязване е значително по-нисък (87.4- 92 %). При две от помпите 3E20 и 6E32 и двете с $n_s = 60$, при подрязване на работните колела има повишаване на η им.

В работа (Keran Shu, Xiaoming Yu, Bin Zhang, Fei Xie, Xiaohui Tao, Mianshun Zhu, Hairong Mao, 2018) е изследвано влиянието на методите на подрязване на работното колело, върху работните характеристики на центробежна помпа. Изследването на течението в помпата е симулирано с помощта на софтуер FLUENT и след това са проведени стендове изследвания. Изследваната помпа е едностъпална със спирално тяло с $n_s = 128$ и диаметър на работното колело $D_2 = 216$ mm. Проведени са четири подрязвания – на 2%, 4%, 6% и 8%. Изследвани са следните видове подрязвания: хоризонтално подрязване на работното колело; хоризонтално подрязване само на лопатките; косо подрязване с наклон към основния диск; косо подрязване с наклон към предния диск.

Авторите препоръчват ъгъл θ на косото подрязване да се пресмята по израза:

$$-\arctan \frac{D_2 - D_2^1}{b_2} < \theta < \arctan \frac{D_2 - D_2^1}{b_2} \quad (10)$$

където D_2 е външният диаметър на неподрязаното колело; D_2^1 – диаметърът на подрязаното колело и b_2 – ширината при изхода на работното колело.

При изследването е избран ъгъл $\theta = \pm 10^\circ$. Проведено е симулационно изследване на течението в каналите на работното колело при хоризонтално и косо подрязване в двете посоки на работното колело и подрязване само на лопатките, при 4% и 6 % подрязване. Резултатите от симулацията показват, че при подрязване на работното колело в каналите му се появява вихрова зона в близост до смукателната страна. Тази зона е най-голяма при косото подрязване с наклон към предния диск, а най-малка при подрязване с наклон към задния диск. При подрязване само на лопатките и по трите метода, липсват вихрови зони.

Резултатите показват, че намаляването на напора при подрязване на работното колело е по-голямо от това при подрязване само на лопатката, подрязана със същата стойност. Ефективността при косото подрязване с наклон към задния диск е по-висока от тази при хоризонталното и косото подрязване към предния диск в обхвата от $0^\circ \sim 10^\circ$. Мощността на вала при подрязване на работното колело е значително по-малка от това, при подрязване само на лопатката. Мощностите на вала при косото подрязване, когато ъглите на подрязване са в обхвата от $-10^\circ \sim 10^\circ$, са по-ниски от тези при хоризонталното подрязване.

В работа (Davood Khoeyini, Mohammad Reza Tavakoli, 2018) е разгледано влиянието на различните методи за подрязване на работното колело върху характеристиките на центробежната помпа. Изследванията върху показателите на центробежната помпа са проведени при шест различно подрязани работни колела, а именно:

- хоризонтално подрязване само на лопатките със запазване на дисковете на работното колело (STIS);
- хоризонтално подрязване на работно колело заедно с дисковете (STI);
- косо подрязване на работно колело с наклон към задния диск (OTI);
- триъгълно подрязване на работно колело (TTI);
- полукръгово подрязване на работно колело (SCTI);
- многоъгълно подрязано работно колело (PTI).

Изследването е проведено числено и валидирано експериментално, като е получено максимално отклонение от 5,4 %. Резултатите показват, че числените данни са с по-високи стойности от тези на експерименталните при всички дебита. Установено е, че методът за подрязване на работното колело оказва съществено влияние върху характеристиката на помпата. От посочените методи на подрязване, най-висок напор се получава при многоъгълното подрязано работно колело (PTI). При него напорът нараства с 5 %, а к.п.д намалява с 3,6 %, в сравнение с хоризонталното подрязано работно колело (STI). Точката на най- висок к.п.д. се премества към високия дебит и скоростта на падане на неговата ефективност се увеличава при намаляване на дебита. В сравнение със всички методи на подрязване най-висок к.п.д. има при хоризонталното подрязване на работното колело (STI).

ИЗВОДИ

1. От направения анализ се вижда, че предлаганите формули (1) и (2) за пресмятане на показателите на помпата при подрязване на работното колело не дават добро съвпадение за българските помпи, произведени от ВИПОМ.

2. Публикуваните изследвания с подрязване на работното колело са с малки степени на подрязване – 6 -8%. Необходимо е да се продължат изследванията и при по-високи степени на подрязване.

3. Предлаганата формула (3) от Gülich, за определяне на степенния показател m при подрязване на работното колело има стойности в границата от 2,20- 2,65. При пресмятане на дебита при подрязване на българските помпи този показател е много висок.

4. Като подходящ метод за подрязване е хоризонталното подрязване на работното колело (лопатки и дискове). Технологично е лесно реализира и балансира работното колело.

5. При малки степени на подрязване (3-4%) е възможно подрязване само на лопатките при запазване на дисковете. При по-големи степени на подрязване дисковите загуби се

увеличават и к.п.д. бързо пада.

REFERENCES

Aizenshchein, M. D. (1957). Centrifugal pumps for oil industry. Gostoptekhizdat. M. 1957 (**Оригинално заглавие:** Айзенщейн, М. Д. Центробежные насосы для нефтяной промышленности. Гостоптехиздат. М. 1957)

Calculation of the parameters of centrifugal pumps. (**Оригинално заглавие:** Расчёт параметров центробежных насосов KSB, <http://www.rsnaos.ru/info/ksb-rassch-param-centrobej-nasosov.pdf>).

Davood Khoeini, Mohammad Reza Tavakoli. (2018) Flow Characteristics of a Centrifugal Pump with Different Impeller Trimming Methods. FME Transactions (2018) 46, 463-468 463.

Gulich J. (2020). Fr. Centrifugal Pumps, Fourth Edition, Springer-Villeneuve, Switzerland, 2020, ISBN 978-3-030-14787-7.

Kai Wang, Zixu Zhang, Linglin Jiang, Houlin Liu and Yu Li. (2017). Effects of impeller trim on performance of two-stage self-priming centrifugal pump. Advances in Mechanical Engineering 2017, Vol. 9(2) 1–11 The Author(s) 2017 DOI: 10.1177/1687814017692493.

Keran Shu, Xiaoming Yu, Bin Zhang, Fei Xie, Xiaohui Tao, Mianshun Zhu, Hairong Mao. (2018). The effect of impeller cut on the performance of middle specific speed centrifugal pump. ACMME 2018 IOP Publishing IOP Conf. Series Materials Science and Engineering 394 (2018) 032042 doi:10.1088/1757-899X/394/3/032042.

Lomakin D.A., Korotkov V.V. (2017). Correction of characteristics of centrifugal pumps by cutting the impeller. MSTU them. N.E. Bauman, 2017 (**Оригинално заглавие:** Ломакин Д.А., Коротков В.В. Корректировка характеристик центробежных насосов за счёт подрезки рабочего колеса. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017).

Popov G., B. Kostov, Kl. Climentov. (2010). Regarding the characteristics of Bulgarian centrifugal pumps when trimming the impeller. Heat engineering, Book I, 2010 (**Оригинално заглавие:** Попов Г., Б. Костов, Кл. Климентов. Относно характеристиките на български центробежни помпи при подрязване на работното колело. Топлотехника, Книга I, 2010, ISSN 1314-2550).

Zlatarev. P. (1979). Turbopompi i ventilatori. Tehnika, S.1979 (**Оригинално заглавие:** Златарев П. Турбопомпи и вентилатори. Техника, С. 1979).

STUDY ON THE FACTORS DETERMINING THE PROPAGATION OF SOUND WAVES⁴

Katerina Encheva, Student

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 82 888 498
E-mail: katrin.encheva@gmail.com

Assist. Prof. Nikolay Kovachev, PhD

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 82 888 498
E-mail: nkovachev@uni-ruse.bg

Abstract: *The paper reviews some phenomena that are characteristic and determine the propagation of sound waves in a free space. The analysis aims to conduct an experimental study of noise propagation in a media of reduced atmospheric pressure. For this purpose it is necessary to know the principles of sound waves propagation. Reflection, reverberation, diffraction, diffusion and absorption of sound waves are considered. Formulas necessary for refining the data obtained by measuring noise under vacuum conditions are given.*

Keywords: *noise propagation, vacuum, sound pressure, sound and media parameters*

ВЪВЕДЕНИЕ

Върху разпространението на звуковите вълни влияят много фактори, които не са напълно дефинирани. В последно време развитието на технологиите провокира някои предизвикателства пред акустичните изследвания, които са повод за написване на настоящия доклад. След като на Земята бяха получени първите аудиозаписи от чужда планета, възниква въпросът за разпространението на звуковите вълни в среда с понижено налягане и състав различен от атмосферния въздух на Земята.

Целта на работата е да се анализират факторите на средата, влияещи върху разпространението на звуковите вълни.

За постигането ѝ се решават задачи по определяне на параметрите, влиянието на средата върху тях и насоки за бъдещо експериментално изследване.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Характеристики на средата, влияещи върху разпространението на звуковите вълни.

Звуковите вълни се разпространяват в еластична среда поради промяна на местоположението на структурните частици, от които е изградена, предизвикана от силово въздействие. Звукът има определена скорост, която зависи от типа на средата, и други физико-химични параметри. Колкото по-плътна е молекулната структура, толкова по-лесен е преносът на звукова енергия. В сравнение с въздуха, звукът се движи по-бързо в по-плътни среди като течности и твърди вещества. Например скоростта на звука във въздушна среда е 343 m/s, в сладка вода е 1494 m/s и около 5090 m/s в стомана. Скоростта се увеличава с увеличение на температурата на въздуха – около 0,4 m/s за всеки градус. Друг фактор е влажността, от която скоростта зависи право пропорционално.

⁴ Докладът е представен на онлайн студентската научна сесия на АИФ на 18.05.2021 г. с оригинално заглавие на български език: АНАЛИЗ НА ФАКТОРИТЕ, ОПРЕДЕЛЯЩИ РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА ЗВУКОВИТЕ ВЪЛНИ

По-долу са посочени формули, с които се нормализират параметрите при оценка на разпространението на звука в атмосферен въздух (BDS 12403:1974; BDS EN ISO 3745:2012/A1:2017).

Плътност на влажния атмосферен въздух:

$$\rho_a = \frac{p_a}{R_w \cdot T_a}, \quad (1)$$

където $T_a = t_a + 273,15$

Газова константа на влажния въздух:

$$R_w = \frac{R}{1 - \frac{R_v - R \cdot h_u \cdot p_{sat}}{R_v \cdot p_a}} \quad (2)$$

Газова константа на сухия въздух:

$$R = 287 \frac{J}{kg \cdot K} \quad (3)$$

Газова константа на водните пари:

$$R_v = 461,5 \frac{J}{kg \cdot K} \quad (4)$$

h_u – относителна влажност

p_{sat} – налягане на наситените пари при температура $t_a, ^\circ C$

При $0 \leq t_a \leq 30^\circ C$:

$$p_{sat} = \exp\left(\frac{17,438 \cdot t_a}{239,78 + t_a} + 6,4147\right) \quad (5)$$

При $0 \leq t_a \leq 100^\circ C$:

$$p_{sat} = 610,8 + 44,442 \cdot t_a + 1,413 \cdot t_a^2 + 0,0277 \cdot t_a^3 + 2,5567 \cdot 10^{-4} \cdot t_a^4 + 2,8917 \cdot 10^{-6} \cdot t_a^5$$

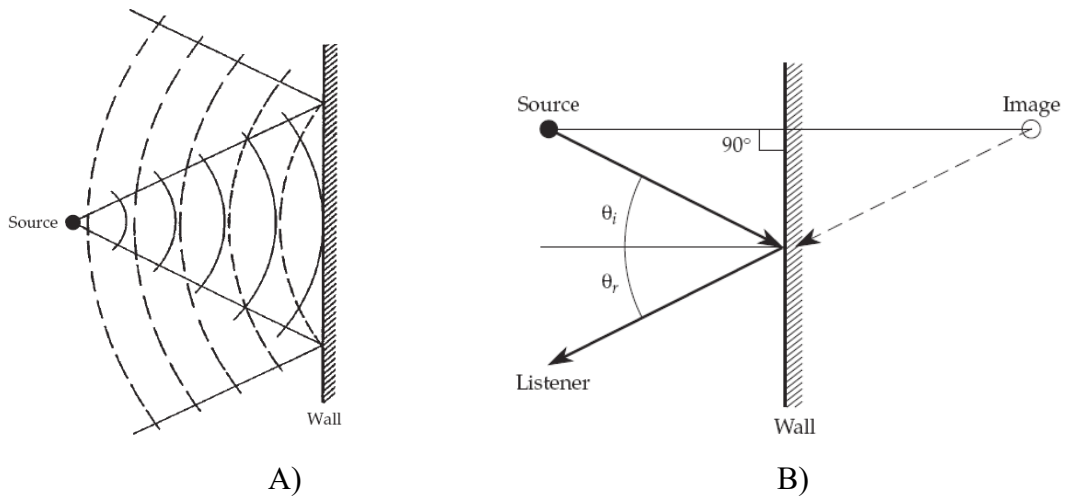
Анализ на звуковите явления, влияещи върху разпространението на звуковите вълни

Отражение на звуковите вълни

В свободно звуково поле над звукоотражателна повърхност, звукът се излъчва от източника радиално във всички посоки. Ако звукът срещне преграда, той се отразява. Ако повърхностите са многобройни той се отразява от всяка повърхност, до която достигне, докато не заглъхне. Звучите носят информация за размера, формата и типа на повърхността, от която са отразени, а ако това се случва в затворено помещение, може да се преподложи вида и обема на помещението.

Основният механизъм на отражение от равна повърхност е сравнително прост. Фигура 1А показва схема на отражение на звукови вълни от точков източник от твърда, равна повърхност - стена. Сферичната фронтите на вълните (изобразени с плътни линии) стигат стената, а отразените фронтите на вълните (прекъснати линии) се връщат към източника. Това се нарича огледално отражение и се държи по същия начин светлинни отражения от огледало, описани от закона на Снелиус.

Звукът следва същото правило като при светлината: ъгълът на падане е равен на ъгъла на отражение, както е показано на фиг. 1В. Геометрията разкрива, че ъгълът на падане θ_i е равен ъгълът на отражение θ_r . Освен това, точно като изображение в огледало, отразеният звук сякаш идва от виртуален звуков образ. Виртуалният източник е акустично разположен зад отразяващата повърхност (Everest, F., K. Pohlmann, 2001).



Фиг. 1

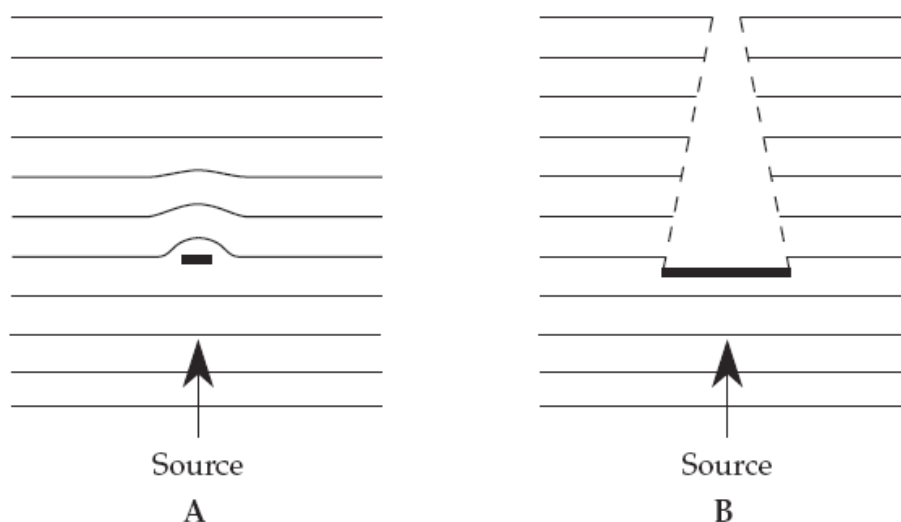
- А) Отражение на звука, идващ от единичен точков източник от равна поска повърхност (ъгълът на падане е с непрекъснати линии, ъгъл на отражение е с пунктирани линии);
 В) Виртуални източници, при наличие на повече от 1 преграда (Everest, F., K. Pohlmann, 2001).

Дифракция на звука

Дифракцията представлява отклонението на вълни от праволинейното им разпространение в пространството, най-отчетливо при дължина на вълната, сходна с размера на дадената нееднородност на средата. Звукови вълни се движат по прави линии, перпендикулярни на фронта на вълната. Препятствията могат да доведат до промяна в първоначалната праволинейна посока на движение на вълната. Звукът енергия във всяка точка на зона в сянката на препятствието, предизвикана от пречупване и изкривяване на посоката може да бъде получена математически чрез сумиране на приноса на всички отделни лъчи.

Дължина на вълната и дифракция

Нискочестотните звуци (дълги вълни) се разсейват (изкривяват) повече от високочестотните звуци (къси дължини на вълните). Обратно, високите честоти се разсейват по-малко от ниските честоти. Дифракцията е по-малко забележима за светлината, отколкото за звука поради относителното къси дължини на вълната на светлината. В резултат на това оптичните сенки са относително по-изразени от акустичните сенки. На фигура 2А препятствието е много малко в сравнение с дължината на вълната на звука, и не оказва значителен ефект върху преминаването на звука. На фигура 2В обаче, ако препятствието е с размери до няколко дължини на вълната, то хвърля акустична сянка зад себе си. Всеки фронт на вълната, преминаващ препятствието, се превръща в линия от нови точкови източници, излъчващи звук в сенчестата зона чрез дифракция (Everest, F., K. Pohlmann, 2001).

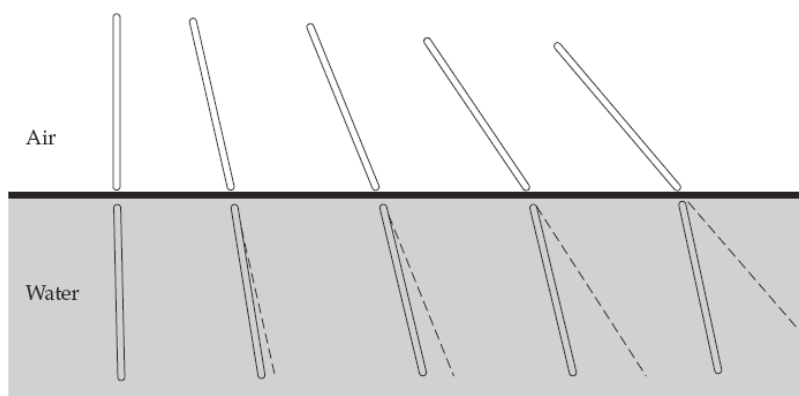


Фиг. 2 Дифракция на звуковата вълна в зависимост от дължината на вълна.

- А) Препятствие, много малко, в сравнение с дължината на вълната; В) Препятствие, по-голямо от дължината на вълната.

Рефракция на звука

Друго явление, което влияе върху разпространението на звука е рефракцията. Тя представлява промяна в посоката на движение на звука породена от различията в скоростта на разпространение. В ситуации от практиката е възможно рефракцията и дифракцията да повлияят едновременно върху един и същ звук. Фигура 3 показва пример на визуално изкривяване на прът потопен наполовина във вода. Причината за пречупването на светлината, е в разликите на коефициентите на пречупване на въздуха и водата, а оттам и различни скорости на разпространение. Пречупването на звука, което също е вълново явление, е сходно. Пречупването на звука може да възникне внезапно или постепенно, в зависимост от начина по който средата на разпространение влияе на скоростта му (Everest, F., K. Pohlmann, 2001).



Фиг. 3 Пример за пречупване на светлината, дължащо се на различните скорости на разпространение на вълните във вода и въздух.

Дифузия на звука

За облекчаване на изчисленията, често се приема че звукът е в дифузно поле, т.е. изцяло изотропно и хомогенно. На практика това се случва рядко, особено в малки помещения. Вместо това характеристиките на звукът се различават значително. Често е трудно да се осигури достатъчна дифузия, особено при ниски честоти и в малко помещение, поради модалната реакция на стаята. Целта при акустичното проектиране на зали е да се получи, който е равномерно разпределен в цялото помещение. Това е почти недостижимо, но може да се постигне оптимално добре (Everest, F., K. Pohlmann, 2001).

Реверберация

Реверберацията се счита за една от няколкото важни и измерими параметри, които определят качеството на звука на акустично пространство. Тя представлява задържането на нивото на звуково налягане, след прекратяване на емитирането на шум от източника, дължащо се на многократните отражения на вълните от стените в затворено пространство. В затворено помещение се получават сложни наслагвания и процеси, които влияят върху нивото на звуково налягане. Времето за реверберация представлява времето, за което при преустановяване на емитирането на шум, нивото в дадена точка от помещението намалява с 60 dB. То е важен акустичен параметър за оценка на качествата на затворените помещения.

Абсорбция

Абсорбцията представлява поглъщане на звуковите вълни при попадане върху повърхността на даден материал. Важен процес, влияещ върху реверберацията на звуковото налягане при разпространението на звуковите вълни (Ruiz, R.2015).

ИЗВОДИ

В работата е извършен анализ на основните процеси, които съпътстват разпространението на звуковите вълни. Разгледани са и параметрите на въздуха, които следва да се отчитат, за да се получат предсказуеми резултати, при промяна в параметрите на атмосферата, или средата на разпространение. Всички тези анализи могат да бъдат използвани като базови данни, при извършване на експериментален анализ на разпространение на звуковите вълни при понижено атмосферно налягане.

REFERENCES

BDS 12403:1974 Pompi tsentrobezhni, osovi i vihrovi. Metodi za opredelyane na shum i vibratsii (**Оригинално заглавие:** БДС12403:1974 Помпи центробежни, осови и вихрови. Методизаизпитваненашумивибрации)

BDS EN ISO 3745:2012/A1:2017:Acoustics. Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure. Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic room. Amendment 1. (**Оригинално заглавие:** БДС ENISO3745:2012/A1:2017: Акустика. Определяне на нивата на звукова мощност и звукова енергия на източници на шум чрез звуково налягане. Методи от клас на точност 1 за безехови и полу-безехови помещения. Изменение 1 (ISO 3745:2012/Amd 1:2017).

Everest, F., K. Pohlmann. Master Handbook of Acoustics. Fifth Edition. New York. 640 p. 2001.

Ruiz, R. Design of a Fully Anechoic Chamber. Master's Degree Project, TRITA-AVE 2015:36, p. 81, ISSN 1651-7660.

ASSESSMENT OF THE SOUND PRESSURE LEVEL IN AN ATMOSPHERE UNDER LOW PRESSURE CONDITIONS⁵

Katerina Encheva, Student

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 82 888 498
E-mail: katrin.encheva@gmail.com

Assist. Prof. Nikolay Kovachev, PhD

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering
University of Ruse "Angel Kanchev"
Tel.: +359 82 888 498
E-mail: nkovachev@uni-ruse.bg

Abstract: An experimental study of the propagation of sound in a medium with reduced atmospheric pressure is performed in the study. The equations of the regression curves describing the noise reduction processes was obtained. Dynamics of the sound pressure level as a function of the medium pressure in a hermetically sealed container at A-weighted curve is shown. Study of the dependencies of the sound pressure level, as a function of the medium pressure in octave bands within the range 63-4000 Hz were presented. It was found that at low frequencies the variance is significant and the decrease is weaker, while with increasing frequency, the curve becomes more stable and the decrease has higher values.

Keywords: Noise measurements, Low pressure atmosphere, Sound pressure levels, Noise spectrum, Octave bands.

ВЪВЕДЕНИЕ

Разпространението на звуковите вълни във вакуум е силно затруднено поради физическата природа на звука, изискваща плътна среда за разпространение. В настоящата работа е проведено експериментално изследване, което да проследи количествените зависимости при намаляване на нивото на звуково налягане в атмосфера с понижено налягане.

Целта на работата е да се установи зависимостта на изменение на нивото на шума от промяната в налягането на средата на разпространение (Everest, F., K. Pohlmann, 2001). За целта следва да се изпълнят следните задачи:

- Разработване на методика за провеждане на експерименталните изследвания (Hassall, J.R., K. Zaveri., 1988);
- Провеждане на експериментално изследване;
- Анализ на получените резултати и изводи;
- Насоки за бъдещи изследвания.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Методика за провеждане на експериментално изследване на шума във вакуум

За да се изследва изменението на нивото на звуково налягане във вакуум е разработена методика, която включва монтиране на шумомер и източник на звук във херметически затворен съд с подходящ обем, свързан към вакуумпомпа за понижаване на налягането. За нуждите на изпитването е използван съд с обем 2 m³, с осигурена херметизация. Вакуумпомпата за провеждане на опитите, свързана в агрегат с отчитане на загубите на налягане, позволява вакууметрично налягане до 20000 Pa.

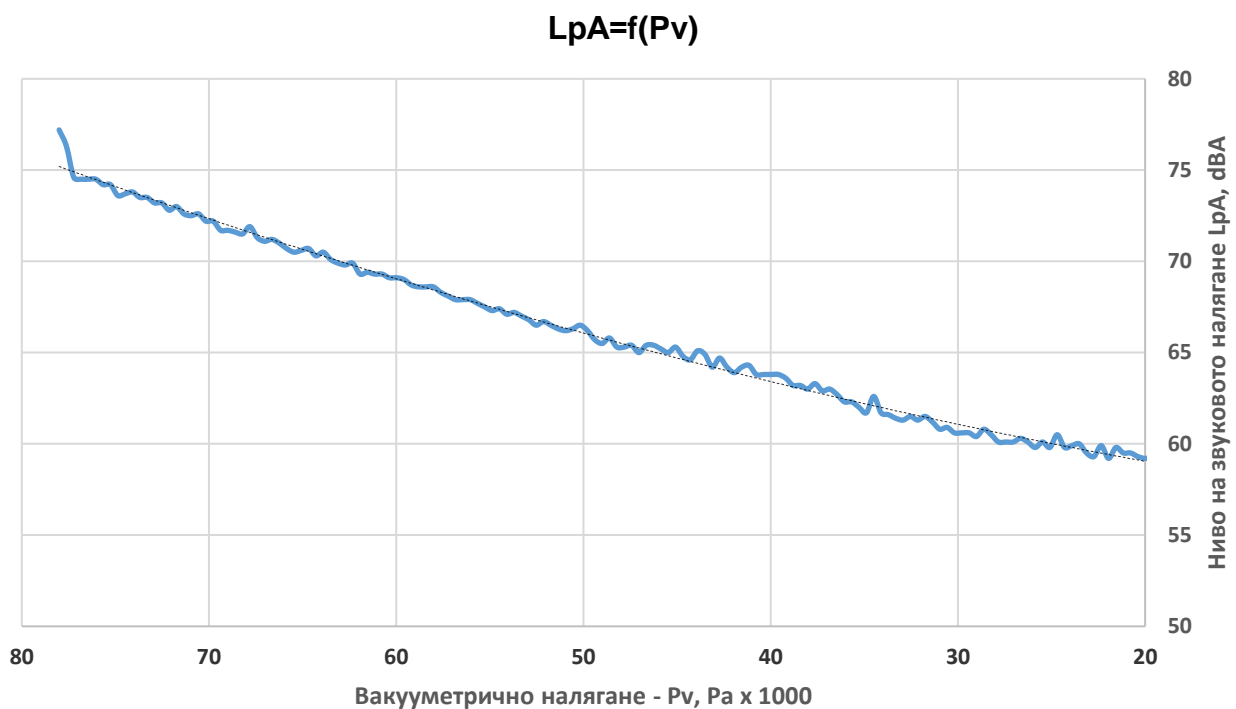
⁵ Докладът е представен на онлайн студентската научна сесия на АИФ на 18.05.2021 г. с оригинално заглавие на български език: ОЦЕНКА НА НИВОТО НА ЗВУКОВОТО НАЛЯГАНЕ В РАЗРЕДЕНА АТМОСФЕРА

Източникът на шум позволява генериране на бял, розов или кафяв/червен шум, както и тонален шум с ширина 5% на честотния обхват. За изследването е използван бял шум. Шумът се генерира от автономна тонколона, захранвана от Li-on батерия, която се управлява отвън, посредством bluetooth връзка.

Използван е шумомер Svantek 971, който позволява измерване на шума в октавни честотни ленти. Продължителността на измерването е 120 секунди, като във файлът с данни, който се генерира се дава стойността на нивото на звуковото налягане за всяка една секунда (Ковачев, Н., 2016).

Записът започва в момента, в който понижаващото се налягане, започне да променя стойностите на записвания постоянен шум. Прекратява се, когато се достигне капацитетът на помпата за създаване на вакууметрично налягане, което в конкретният случай е 20 kPa.

Стойностите се експортират в програма EXCELL, в която в направен анализът и са получени графиките представени на фигури 1 - 4 (ISO 26101: 2017(en)).



Фиг. 1. Динамика на нивото на звуково налягане по скала A на шумомера, във функция на налягането на средата в херметически затворен съд

Анализ на получените резултати

На фигура 1 е представена динамиката на нивото на звуковото налягане по скала A на шумомера, във функция от вакууметричното налягане, при постоянно ниво на шума от източника. При начална стойност от $LpA=77,1$ dBA, с понижаване на налягането, нивото на звуковото налягане пада до стойност $59,2$ dBA.

При направените анализи е получена регресионна крива, която има следния вид:

$$LpA = 0,0016 * Pa^2 + 0,124 * Pa + 55,931 \quad (1)$$

При заместване на налягането със стойност при 80 Pa, се получава стойност за очакваното ниво на звуковото налягане – $LpA = 56,03$ dBA

Като цяло физическата крива е устойчива, с малка дисперсия.

На фигура 2 е показана динамиката на нивото на звуково налягане, във функция от налягането на средата в херметически затворен съд в октавна честотна лента със средногеометрична честота 63 Hz. При тази ниска честота е получено уравнението на регресионната крива във вида:

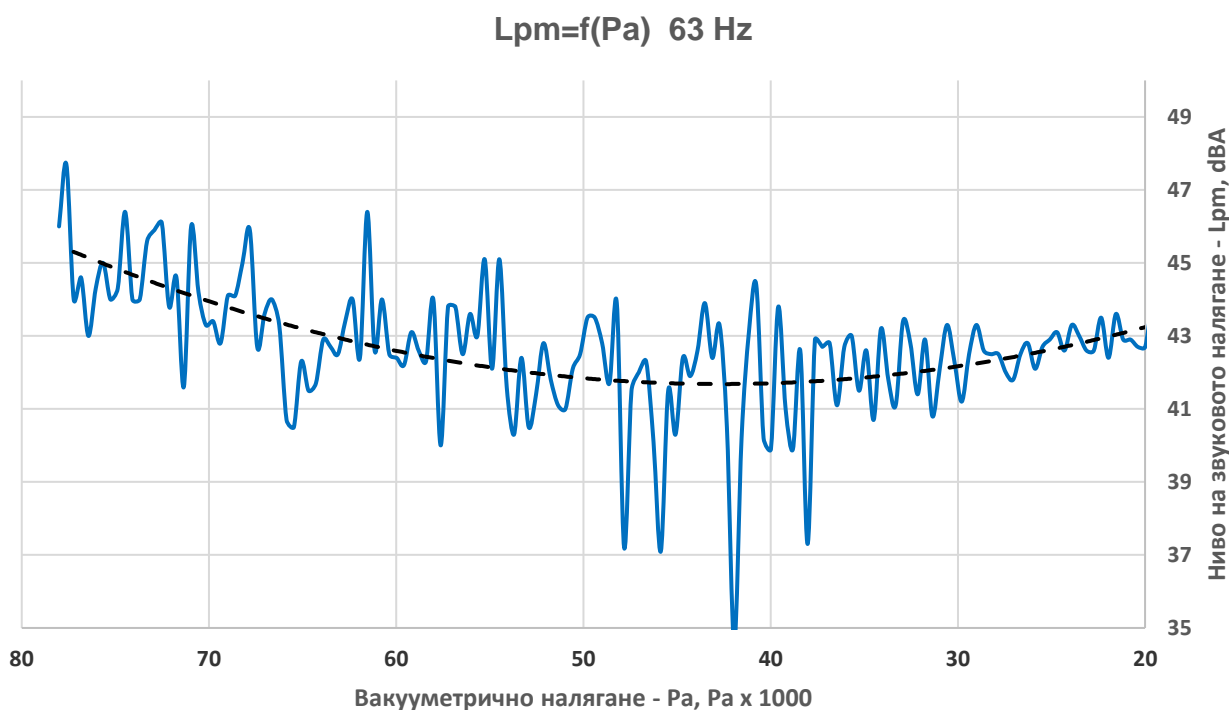
$$L_{pm} = 0,003 \cdot Pa^2 - 0,259 \cdot Pa + 47,206 \quad (2)$$

Тук дисперсията на стойностите е значителна и вероятно се дължи на флукуациите на вакууметричното налягане, което създава помпата, и което влияе върху нискочестотните съставлящи на общия шум съда.

При средна честота – фигура 3 и висока, фигура 4, уравненията имат вида:

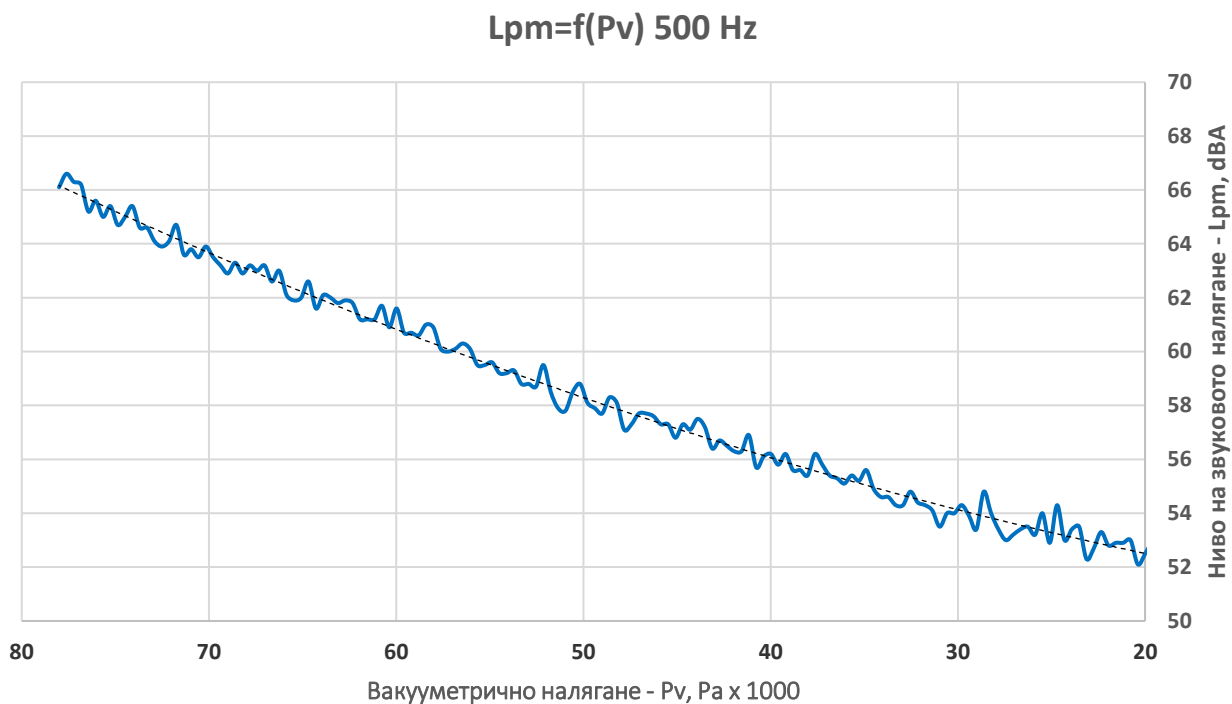
$$\text{При } 500 \text{ Hz: } L_{pm} = 0,0015 \cdot Pa^2 - 0,862 \cdot Pa + 50,174 \quad (3)$$

$$\text{При } 4000 \text{ Hz: } L_{pm} = 0,0014 \cdot Pa^2 - 0,21 \cdot Pa + 46,881 \quad (4)$$

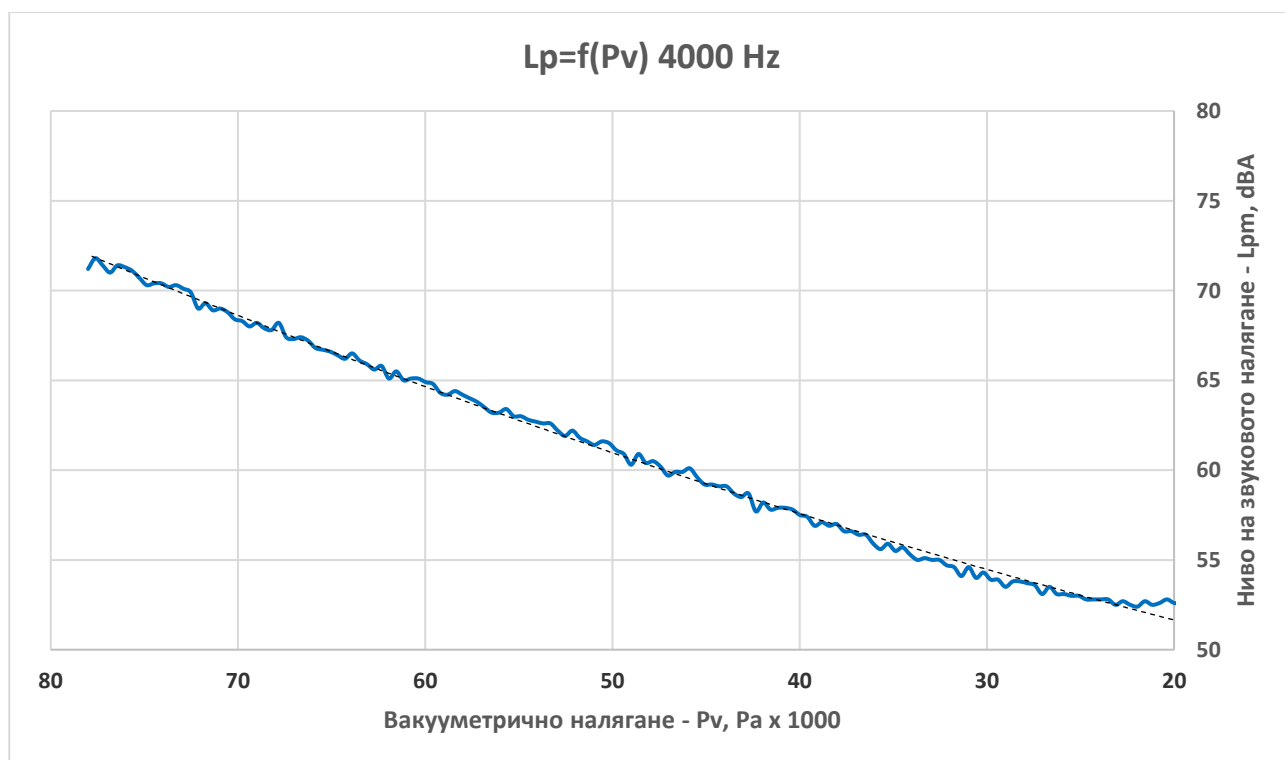


Фиг. 2. Динамика на нивото на звуково налягане, във функция от налягането на средата в херметически затворен съд в октавна честотна лента със средногеометрична честота 63 Hz

При ниските честоти, звуковото налягане почти не намалява в диапазона до 20 kPa. От 47,8 dB, пада до около 41,6 при 50 kPa, след което се увеличава до 43,2 dB. Средната честота показва понижение на нивото на звуково налягане от 66,5 dB до 52,9 dB, а при 4 kHz, намаляването е съответно от 72,9 dB до 52,1 dB.



Фиг. 3. Динамика на нивото на звуково налягане, във функция от налягането на средата в херметически затворен съд в октавна честотна лента със средногеометрична честота 500 Hz



Фиг. 4. Динамика на нивото на звуково налягане, във функция от налягането на средата в херметически затворен съд в октавна честотна лента със средногеометрична честота 4000 Hz

Вижда се, че флуктуациите са по-големи, отколкото при общото ниво на шума. Въпреки това тенденциите за намаляване са устойчиви. Като при високата честота е по-стабилна кривата. Тук обаче се получава обръщане на посоката на тренда. Причината вероятно се дължи на нарастване на външния шум, който се емитира от вакуумпомпата при крайно натоварване.

Насоките за бъдещи изследвания включват създаване на работна атмосфера, в състава на която са включени различни газове, освен обичайните в атмосферата на планетата и изпитване при още по-ниски налягания, както и при изпоплзване на разнообразни източници на шум.

ИЗВОДИ

Разпространението на звука в среда с понижено налягане е интересно от гледна точка на интерпретиране на данните за получените аудиозаписи от области, където въздухът е по-разреден. Това касае космическите изследвания и в частност, аудиозаписите от други планети – Марс. Проведено е експериментално изследване на разпространението на звука в среда с понижено атмосферно налягане и са получени уравненията на регресионите криви, описващи процесите на редфуциране на шума. Установено е, че при ниските честоти дисперсията е значителна и намаляването е по-слабо, докато при повишаване на честотата, кривата става по-устойчива, а намаляването има по-високи стойности.

Поради технически ограничения, налягането е намалено до 20 kPa. Което не позволява получаването на стойности, доближаващи се до наляганията от порядъка на 800 Pa, каквито се целят в заложените задачи.

Установено е, че при ниските честоти, звуковото налягане почти не намалява в диапазона до 20 kPa. От 47,8 dB, пада до около 41,6 при 50 kPa, след което се увеличава до 43,2 dB. Средната честота показва понижение на нивото на звуково налягане от 66,5 dB до 52,9 dB, а при 4 kHz, намаляването е съответно от 72,9 dB до 52,1 dB.

REFERENCES

BDS 12403:1974 Centrifugal, axial and vortex pumps. Methods for determining noise and vibration (*Оригинално заглавие: БДС 12403:1974 Помпи центробежни, осови и вихрови. Методи за изпитване на шум и вибрации*).

EN ISO 3745 2012(E) Third edition. Acoustic-determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for anechoic rooms and hemi-anechoic room. 2012, Switzerland.

Everest, F., K. Pohlmann. Master Handbook of Acoustics. Fifth Edition. New York. 640 p. 2001

Hassall, J.R., K. Zaveri. (1988). Acoustic noise measurements, June Bruel & Kaer, Sweden

Kovachev, N. K. (2016) Otsenka na shuma v kupeto na lek avtomobil, v zavisimost ot vida na patnata nastilka. Nauchni trudove na Rusenski Universitet, Ruse (*Оригинално заглавие: Ковачев, Н. К. (2016) Оценка на шума в купето на лек автомобил, в зависимост от вида на пътната настилка. Научни трудове на Русенски Университет, Том 56, серия 1.2., Русе*)

ENERGY SAVING THROUGH HYBRID LIGHTING SYSTEMS⁶

Peter Petrov – PhD Student / Young Scientist

Department of Industrial Design,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 887 315 280
E-mail: ppetrov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Dancho Gunev, PhD

Department of Industrial Design,
University of Ruse “Angel Kanchev”
Tel.: +359 898 284 733
E-mail: dgunev@uni-ruse.bg

***Abstract:** Energy-saving technologies and those that use renewable energy sources are among the global priorities of all developed economies around the world. The main aspects of this current issue are related to environmental protection, increasing efficiency in general, for all industries and overall energy savings.*

One of the inevitable and constant energy costs is related to the maintenance of sufficient lighting, which is strictly regulated, during the various phases of the day, in the entire infrastructure of all settlements. Artificial lighting has long become one of the most characteristic attributes of our modern civilization, because it effectively extends the time used by mankind during the day for active activities, recreation and entertainment. In the developed world, urbanization has entered its mature phase, a fact that has a direct connection with the issues under consideration. Today, the existence of any city without lighting, whether street or not, is unthinkable; advertising and information; artistic-architectural or these are signal-marking lights of any kind. Over time, quite a number of technological breakthroughs have been achieved quite naturally, in terms of increasing efficiency and reducing energy consumption by lighting systems, making this direction of technological development a sustainable trend.

***Keywords:** Efficiency, Energy-saving technologies, Artificial lighting, Optical fiber systems*

ВЪВЕДЕНИЕ

Практиката показва, че само от модернизирването на една осветителна инсталация с по-ефективни осветители, е възможно да се редуцира консумацията на електроенергия с около 40%. При изграждане на напълно нова инсталация, проектирана спрямо текущите стандарти, икономии могат да достигнат 60%, а с изцяло светодиодна технология – значително повече. Днес са възможни и други „зелени“ решения, за външни и вътрешни осветителни инсталации, които превъзхождат значително дори най-напредничавата светодиодна технология към момента. Последните разработки на хибридни осветителни системи с оптични кабели, базирани на смесването на естествена с изкуствена светлина, са способни драстично да намалят сметките за ток в домакинствата и бюджета, свързан с градската инфраструктура.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследване на възможността за допълнително енергоспестяване чрез хибридни осветителни системи

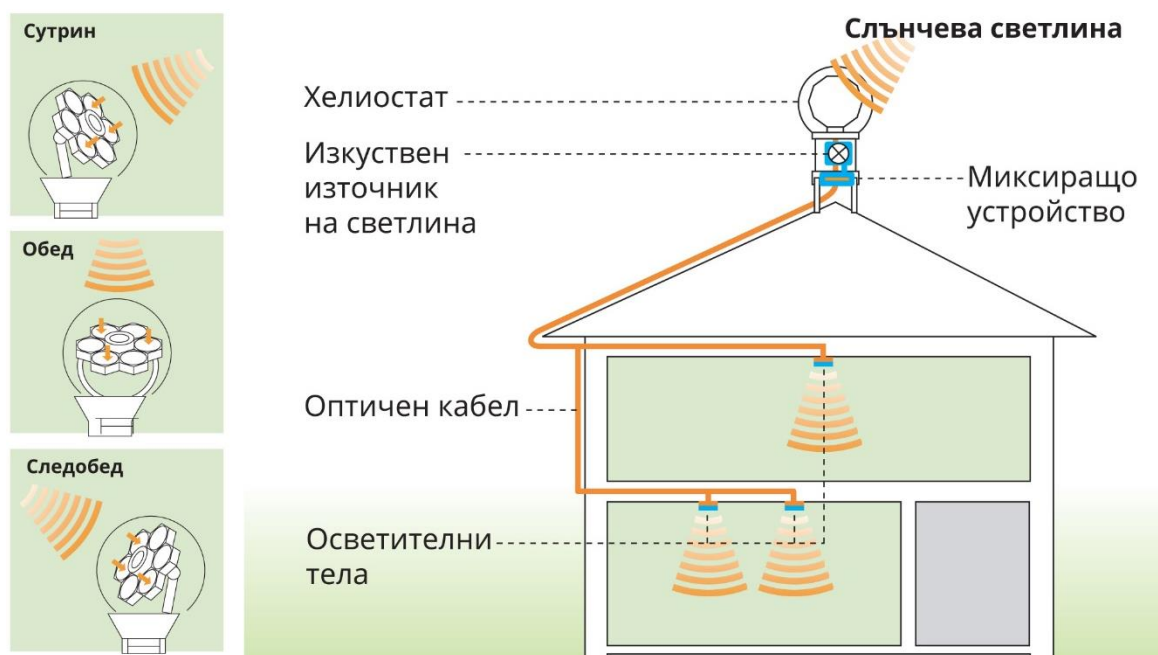
Основните консуматори – градската осветителна инфраструктура, производствените предприятия на територията на общините, жилищата и др., консумират огромни количества електроенергия, като значителен дял от нея се изразходва за осветление. В индустриалната среда доброто ниво на осветеност е задължително, защото то води до по-висока производителност, по-безопасна работа с машини, подобро качество на продуктите и по-ефективно предотвратяване на инциденти. Стандартните техники и стратегии за реализиране

⁶ Докладът е представен на онлайн студентската научна сесия на АИФ на 18.05.2021 г. с оригинално заглавие на български език: ЕНЕРГОСПЕСТЯВАНЕ ЧРЕЗ ХИБРИДНИ ОСВЕТИТЕЛНИ СИСТЕМИ

на икономии са: използване на енергийно ефективни LED-осветители от последно поколение; максимално използване на естествената светлина, в светлата част от денонощието; автоматизирано управление на осветлението на локално ниво и др. Обновяването на осветителната система с по-ефективни осветители води до редуциране на броя лампи – съответно до намаляване на инсталирания товар.

Предимствата на енергийно ефективните LED-решения са безспорни, но те не решават в пълна степен проблема със зависимостта на икономиката от невъзобновяеми ресурси (фосилни горива). Въпреки ръста на дела на ВЕИ в общия енергиен микс на българската енергетика, той все още се формира предимно от базови мощности като термичните централи и АЕЦ. Използването на невъзобновяеми ресурси за извличане на енергия става все по-неприемливо и е отречена посока за развитие на съвременната енергетика, в глобален план.

Съвсем закономерно, в последно време се появили някои перспективни разработки на хибридни осветителни системи (фиг. 1), в които е заложена възможността за допълнително енергоспестяване, чрез интегрален подход към основния възобновяем източник, какъвто се явява слънчевата светлина.

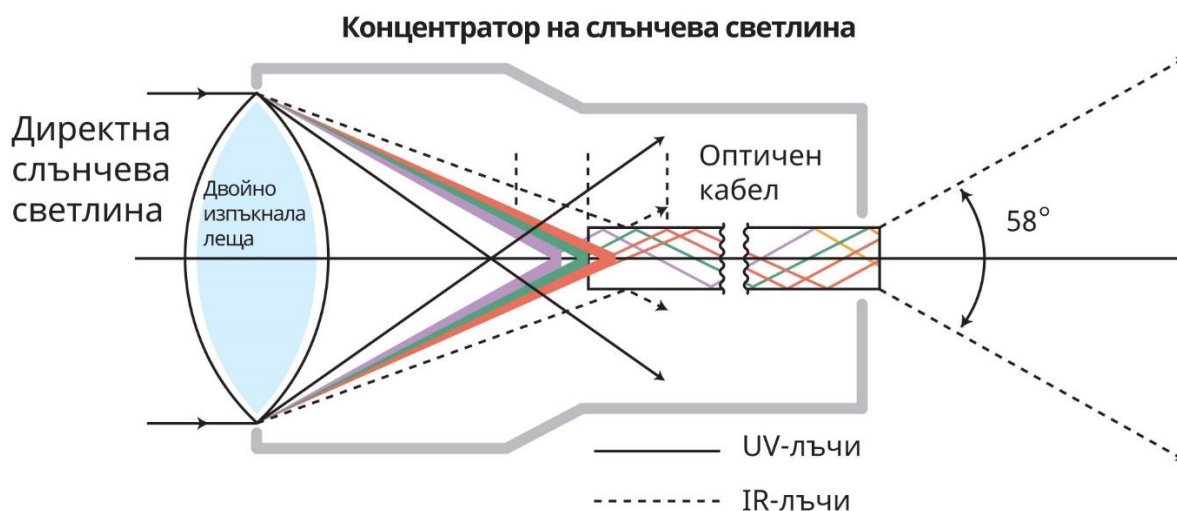


Фиг. 1. Технология на Solar Lighting System HIMAWARI, Japan 2018

Разработват се множество нови компоновки, съчетаващи съществуващи и перспективни технически решения. От една страна, това са класически фотоволтаици, комбинирани с високоефективни LED-решения, а от друга – това са хелостати с концентратори на естествена светлина, която се добавя и миксира с изкуствения източник на светлина (LED, метал-халогенни лампи и др.). Експериментира се и с високочестотно импулсно осветление (kHz), за постигане на високи нива на осветеност на големи площи, при минимален разход на енергия.

Огромен потенциал за допълнително енергоспестяване, се крие в разработването на такива хибридни осветителни системи, които могат да транзитират концентрирана естествена светлина на стотици метри, чрез оптични кабели, с минимални загуби поради оптичната плътност по трасето. Най-удачно е, вредните за очите и интериора UV-лъчи на слънцето, да бъдат премахнати през леща с хроматична аберация (фиг. 2), като светлината на изхода трябва да се състои от светлина във видимата част на спектъра. Съществуват няколко метода за пълно или частично екраниране на слънчевата светлина.

Тук следва да се отбележи и една изцяло нова перспектива – възможността да се отопляват помещенията през студения период, чрез същата хибридна осветителна система, транзитирайки избирателно IR-лъчи през нея. В този случай можем да говорим за хибридна отоплително-осветителна система, която е качествен скок в енергоспестяващите технологии.



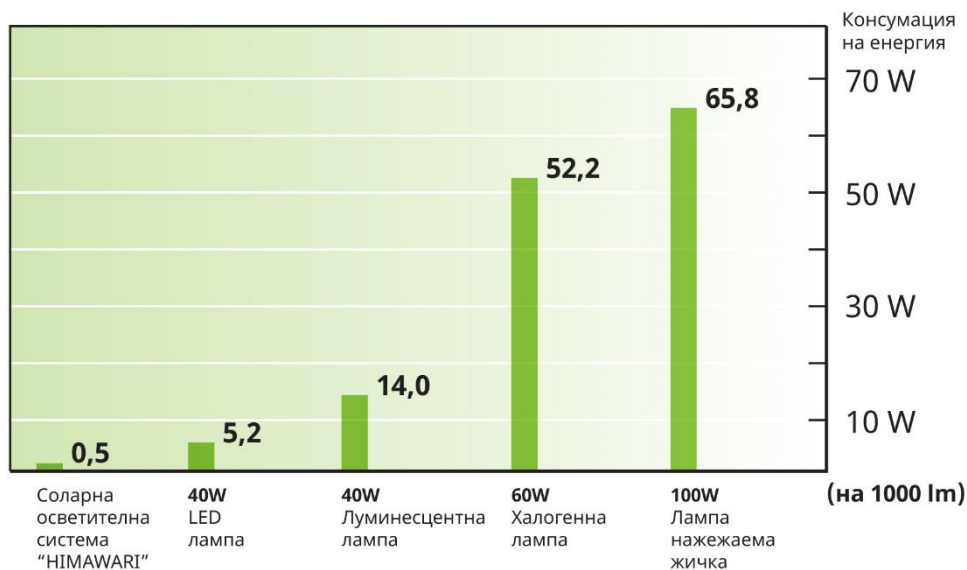
Фиг. 2. Концентратор на Solar Lighting System HIMAWARI, Japan 2018

Особено перспективни за гореописаните цели, са оптичните кабели с течна сърцевина (Liquid Light Guides), които са несравнимо по-технологични, спрямо тези на силикатна или на полимерна основа. Оптичните кабели с течна сърцевина са незаменими при изграждане на големи и мощни осветителни инсталации, поради конструктивно заложената възможност, да се постигат големи диаметри на сърцевината ($\varnothing 25-50\text{mm}$), което рефлектира в ниски експлоатационни разходи и ниска себестойност на цялата система.

Възможността за многостранно използване на слънчева радиация в хибридните осветителни системи, добавя нови функционалности и чрез концепцията за биодинамично осветление. В осветителната индустрия биодинамичното осветление привлича все повече вниманието на специалистите, които търсят начини за стандартизиране и комерсиализирането му като технология. В тази област се провеждат научни изследвания от близо три десетилетия, а въздействието на светлината върху емоционалното състояние, комфорта, здравния статус и общата работоспособност на човека се приемат за еднозначно доказани.

Хибридните осветителни системи притежават неподозирани възможности за плавна промяна и контрол на всички важни параметри като: яркост, интензитет, цветна температура и динамика на осветлението. Те могат да бъдат автоматизирани и настроени така, че да се синхронизират с промените на естествената светлина, в хода на денонощието, спрямо географската ширина и текущия годишен сезон.

В този контекст, следва да се отбележи, че хибридните осветителни системи позволяват да се постигнат значително по-високи резултати в енергоспестяването (фиг. 3), дори спрямо най-усъвършенстваните LED-осветители на пазара, които също позволяват биодинамично осветление, но в много по-тесни граници. Освен това, хибридните осветителни системи, използващи слънчева светлина, плътно се приближават до параметрите на идеалното биодинамично осветление.



Фиг. 3. Изследвания на HIMAWARI, 2018

Енергоспестяващите технологии и тези, които използват възобновяеми енергоизточници, са сред глобалните приоритети на всички развити икономики по света. Основните аспекти на тази актуална проблематика са свързани с опазването на околната среда, повишаване на ефективността като цяло, за всички отрасли и общата икономия на енергия.

Един от неизбежните и постоянни енергийни разходи е свързан с поддържането на достатъчна осветеност, която е строго нормирана, през различните фази на денонощието, в цялата инфраструктура на всички населени места. Изкуственото осветление отдавна се е превърнало в един от най-характерните атрибути на съвременната ни цивилизация, защото чрез него ефективно се удължава използваното от човечеството време през денонощието за активна дейност, пълноценен отдих и развлечения. В развития свят урбанизацията е навлязла в своята зряла фаза, факт, който има пряка връзка с разглежданата проблематика. Днес е немислимо съществуването на който и да е град без осветление, независимо дали то е улично; рекламно-информационно; художествено-архитектурно или това са сигнално-маркиращи светлини от всякакъв вид. С течение на времето, съвсем закономерно бяха постигнати множество технологични пробиви, по отношение нарастване на ефективността и намаляване на консумацията на енергия от осветителните системи, превръщайки тази посока на технологично развитие в устойчива тенденция.

Според статистическите данни, само електрическото осветление изразходва около 10% от общо консумираната електроенергия от населените места в развития свят. Постоянното нарастване на консумирана електроенергия, логично доведе до ограничаващи изменения в законодателствата на редица държави. Чрез ограничаване на разхода на електроенергията, се цели редукия на изхвърлените в атмосферата парникови газове от ТЕЦ-вете, като част от глобалната стратегия за овладяване на климатичните промени.

С поетите от ЕС екологични ангажименти, в крайна сметка се стигна до нова неприемлива ситуация. От една страна, потребяваната електроенергия за осветление се сви драстично, но от друга страна – продаваните на масовия пазар стотици милиони енергоспестяващи лампи годишно, създават нов екологичен проблем, поради наличието на живак и опасни химични съединения в компактните луминесцентни лампи. При LED-осветлението положението също не е добро, заради употребата на разнородна пластмаса в конструкцията им. Все още съществуват твърде много въпросителни, относно приемливата цена за утилизация на лампите от всички видове, след като изтече експлоатационния им срок. В допълнение към това, все повече лекари публично изказват опасенията си за евентуалната вреда от експлоатацията им върху човешкото здраве.

Според някои експерти, енергоспестяващите лампи могат да провокират хормонални изменения в организма и увреждане на зрението, особено в ниския ценови клас, където вредните лъчения и цветната температура, по правило не се вземат под внимание от потребителите. Ултравioletовото излъчване на значителна част от енергоспестяващите лампи, е в състояние да предизвика дерматологични проблеми, ако източникът на светлина е разположен твърде близо и др.

ИЗВОДИ

Проблематиката е изключително комплицирана и нееднозначна, по отношение на осъществяването на контрол върху посочените процеси. Спекулацията със законовите ограничения, накара нелоялни търговци да се преориентират към производители от Китай, в следствие на което пазара бе зает от евтини енергоспестяващи лампи. Формално те отговарят на изискванията, но са потенциално опасни за човешкото здраве, често са ненадеждни, със сериозен риск за околната среда, с голям процент заложен брак и по правило са произведени от нискокачествени и дори опасни за здравето материали.

Следва да се отбележи, че задоволителни решения на посочените проблеми, все още не съществуват, и че законодателството в развития свят изпреварва възможностите на реалния пазар, който е подчертано инертен и нечувствителен към подобни бюрократични въздействия.

Целта на настоящото изложение е да се синтезират и изнесат нови факти, които да доведат до нов поглед върху изложената проблематика. Според автора на текста, съществуващите противоречия между екологично-рестриктивната нормативна база и реалностите на пазара, е възможно да се разрешат по естествен път – чрез по-широкото навлизане в практиката, на новите разработки за хибридни осветителни системи.

REFERENCES

Dubois, M. C. and A. Blomsterberg, "Energy saving potential and strategies for electric lighting in future north European, low energy office buildings: A literature review," *Energy Build.* 43(10), 2572–2582 (2011).

Himawari Co, Ltd., "Himawari solar fiber optic lighting systems." http://www.himawari-net.co.jp/e_pageindex01.

Lingfors, D. and T. Volotinen, "Illumination performance and energy saving of a solar fiber optic lighting system," *Opt. Express* 21(4), A642–A655 (2013).

N. Vu and S. Shin, "A Large Scale Daylighting System Based on a Stepped Thickness Waveguide," *Energies* 9(2), 71 (2016).

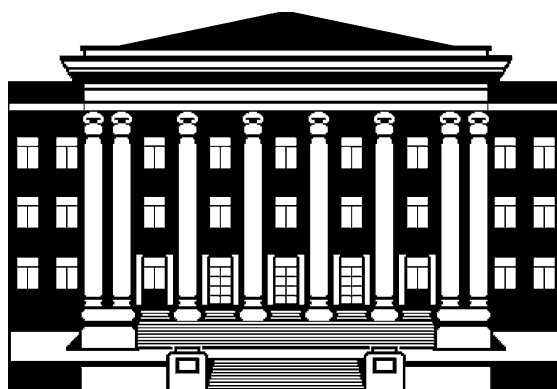
Panrans, "Parans Daylighting System." <http://www.panrans.com/products-en.cfm>.

Ullah, I. and S. Shin, "Development of optical fiber-based daylighting system with uniform illumination," *J. Opt. Soc. Korea* 16(3), 247–255 (2012).

Ullah, I. and S. Shin, "Highly concentrated optical fiber-based daylighting systems for multi-floor office buildings," *Energy Build.* 72, 246–261 (2014).

UNIVERSITY OF RUSE „ANGEL KANCHEV“

UNION OF SCIENTISTS - RUSE



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

OCTOBER 2022

INVITATION

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

PROCEEDINGS
Volume 60, Series 1.2

**Agricultural Machinery and Technologies, Agrarian Science and Veterinary
Medicine & Maintenance and Reliability & Thermal, Hydro-and Pneumatic
Equipment & Ecology and Conservation & Industrial Design**

**Under the general editing of:
Assoc. Prof. Plamen Manev, PhD**

**Editor of Volume 60:
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"**