



ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ

ЛОВЕЧ

Научна конференция

- Електротехника и електроенергетика
- Сензорна техника
- Метрология и качество
- Автоматика и управляваща техника
- Комуникационна и компютърна техника
- Машиностроене и уредостроене
- Технологии в текстилното производство
- Икономика и управление
- Природни науки, математика, физика и информатика

TechCo

ЛОВЕЧ

СБОРНИК ДОКЛАДИ

26 юни 2026

ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ

ЛОВЕЧ



НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ

СБОРНИК ДОКЛАДИ

TechCo
ЛОВЕЧ

26 юни 2026

Конференцията се провежда със съдействието на:



ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ – ЛОВЕЧ
НАЦИОНАЛНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ
TechCo-2026, Ловеч

СБОРНИК ДОКЛАДИ

Сборникът е вписан в Националния референтен списък на съвременни български научни издания с научно рецензиране на НАЦИД.

The Proceedings is included in the National Reference List of modern Bulgarian scientific publications with scientific peer review by National Centre for Information and Documentation.

Формат.: 70/100/16
Печатни коли: 9.56

Печат: Университетско издателство „Васил Априлов“ Габрово
ISSN: 3033-1323 - online
ISSN: 2535-079X - print

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛ

доц. д-р инж. Никола Драганов

СЕКРЕТАР

доц. д-р инж. Милко Дочев

ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАРИ:

гл. ас. д-р инж. Мадлена Жилевска

инж. Теменуга Пенкова

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛ

проф. д-р инж. Илия Железаров

ЧЛЕНОВЕ

проф. д-р инж. Анатолий Александров, Технически университет – Габрово
проф. д-р инж. Венцислав Вълчев, Технически университет – Варна
проф. д-р инж. Иван Евстатиев, Русенски университет „Ангел Кънчев“
проф. д-р инж. Николай Маджаров, Технически университет – Габрово
доц. д-р инж. Александър Вучев, Университет по хранителни технологии – Пловдив
доц. д-р инж. Валентина Кукенска, Технически университет – Габрово
доц. д-р Диана Изворска, Технически университет – Габрово
доц. д-р инж. Димитър Спиrow, Университет по хранителни технологии – Пловдив
доц. д-р инж. Ивайло Беловски, Университет „Проф. д-р Асен Златаров“ – Бургас
доц. д-р инж. Красимир Друмев, Технически университет – Габрово
доц. д-р инж. Пламен Цанков, Технически университет – Габрово
доц. д-р инж. Светослав Иванов, Технически университет – София, Филиал Пловдив

НАУЧНИ НАПРАВЛЕНИЯ

- **Електротехника, електроника и автоматика**
- **Инженерни технологии**
- **Физика и икономика**
- **Студентска**



ТЕХНИЧЕСКИ КОЛЕЖ – ЛОВЕЧ

гр. Ловеч, ул. „Д-р Съйко Съев“ 31
телефони: 0879 946 697, 0879 946 696
tklovech@mail.bg, www.tklovech.tugab.bg



CONTENTS

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА, ЕЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИКА

ПРИЛОЖЕНИЕ НА СЕНЗОРИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ФИЗИКОХИМИЧЕСКИ ПАРАМЕТРИ НА МЛЯКО.....	11
Светослав Цветанов Иванов ¹ , Янка Николова Иванова ² , Ирина Василева Банева ² <i>Технически Университет София, филиал Пловдив¹</i> <i>Тракийски университет, Стара Загора²</i>	
ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА КОМФОРТНИ УСЛОВИЯ В ПЛУВЕН БАСЕЙН.....	17
Димитър Трифонов, Иван Недялков <i>Русенски университет „Ангел Кънчев“</i>	
ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА ПОЛИВАНЕ НА ОТКРИТИ ПЛОЩИ.....	23
Димитър Трифонов, Иван Недялков <i>Русенски университет „Ангел Кънчев“</i>	
ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА РАБОТНИЯ ФЛУИД ВЪРХУ ДИНАМИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОХИДРАВЛИЧНА СЛЕДЯЩА СИСТЕМА. ЧАСТ 1.....	28
Константин Илчев Делчев <i>Технически университет – Габрово</i>	
ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА РАБОТНИЯ ФЛУИД ВЪРХУ ДИНАМИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОХИДРАВЛИЧНА СЛЕДЯЩА СИСТЕМА. ЧАСТ 2.....	34
Константин Илчев Делчев <i>Технически университет – Габрово</i>	
ОБЗОРЕН АНАЛИЗ НА УЯЗВИМОСТИТЕ НА GNSS: ЗАГЛУШАВАНЕ, ПОДПРАВЯНЕ И МЕРКИ ЗА ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ.....	39
Елисавета Стоянова <i>Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“,</i>	
РАЗРАБОТКА НА УСТРОЙСТВО ЗА ИЗМЕРВАНЕ СВЕТЛОРАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ДИСКРЕТНИ ИЗТОЧНИЦИ НА СВЕТЛИНА.....	47
Генади Михайлов, Никола Драганов <i>Технически университет – Габрово</i>	
ELECTRONIC MODULE FOR OSCILLOGRAPHY OF THE CHARACTERISTICS OF ELECTRONIC SEMICONDUCTOR COMPONENTS AND SENSORS.....	52
Nikola Draganov <i>Technical University of Gabrovo</i>	

ИНЖЕНЕРНИ ТЕХНОЛОГИИ

ИНТЕЛИГЕНТНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА КОНТРОЛНИ ПРОВЕРКИ В НАЦИОНАЛНАТА ГЕНБАНКА	61
Венета Табакова-Комсалова, Боян Беличев, Ася Стоянова-Дойчева, Станимир Стоянов <i>Пловдивски университет “П.Хилендарски“, Пловдив, България</i>	
ЛОВЕЧ – АТРАКТИВНА ТУРИСТИЧЕСКА ДЕСТИНАЦИЯ.....	67
Боян Беличев, Венета Табакова-Комсалова, Станимир Стоянов, Емил Дойчев <i>Пловдивски университет “П.Хилендарски“, Пловдив, България</i>	
СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА АВТОНОМНИ AI АГЕНТИ ЗА БИЗНЕС АНАЛИЗ: HERMES AGENT СРЕЩУ AGENT0.....	74
Стоян Тодоров Тодоров <i>Технически университет – Габрово</i>	
РАЗШИРЕНИЕ ЗА НАБЛЮДЕНИЕ НА OPENFLOW СЪОБЩЕНИЯ В РЕАЛНО ВРЕМЕ ЗА SDN КОНТРОЛЕР RYU	83
Цветан Радославов Райков <i>Технически университет – Габрово</i>	
СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА МОДЕЛИ И РЕШЕНИЯ ЗА КИБЕРСИГУРНОСТ В УНИВЕРСИТЕТСКА ИНФОРМАЦИОННА СРЕДА	89
Радостин Христов Лефтеров <i>Технически университет - Габрово</i>	
ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА КОМБИНИРАНИ ПОДХОДИ ЗА КИБЕРСИГУРНОСТ В УНИВЕРСИТЕТСКА ИНФОРМАЦИОННА СРЕДА.....	95
Радостин Христов Лефтеров <i>Технически университет - Габрово</i>	
ИНСТРУМЕНТАЛЕН ПОДБОР ЗА ИЗРАБОТВАНЕ НА ДЕТАЙЛ “КОРПУС” В СЕРИЙНО ПРОИЗВОДСТВО	101
Христо Радев <i>Технически университет - Габрово</i>	
РЕЖЕЩА МИНЕРАЛОКЕРАМИКА – ХАРАКТЕРИСТИКИ, СВОЙСТВА И ОБЛАСТ НА ПРИЛОЖЕНИЕ	106
Христо Радев <i>Технически университет - Габрово</i>	

ФИЗИКА И ИКОНОМИКА

ТРАНСФЕР НА РАДИОНУКЛИДИ В СИСТЕМАТА ПОЧВА-РАСТЕНИЕ-ХРАНА: ФАКТОРИ И РАДИОЛОГИЧНО ЗНАЧЕНИЕ	113
---	------------

Даниела Недева

Технически университет - Габрово

РАДИОНУКЛИДИ В ПОЧВЕНО-РАСТИТЕЛНАТА СИСТЕМА: МЕХАНИЗМИ НА НАТРУПВАНЕ, ТРАНСФЕР И ЕКОЛОГИЧНО ЗНАЧЕНИЕ	118
---	------------

Даниела Недева

Технически университет - Габрово

ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ТРУДОВАТА МОТИВАЦИЯ И МЕХАНИЗМИТЕ ЗА ПРИВЛИЧАНЕ И ЗАДЪРЖАНЕ НА СЛУЖИТЕЛИ В МИКРО-, МАЛКИ И СРЕДНИ ПРОИЗВОДСТВЕНИ ПРЕДПРИЯТИЯ – ЧАСТ 1.....	123
--	------------

Зина Христова

ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ТРУДОВАТА МОТИВАЦИЯ И МЕХАНИЗМИТЕ ЗА ПРИВЛИЧАНЕ И ЗАДЪРЖАНЕ НА СЛУЖИТЕЛИ В МИКРО-, МАЛКИ И СРЕДНИ ПРОИЗВОДСТВЕНИ ПРЕДПРИЯТИЯ – ЧАСТ 2.....	129
--	------------

Зина Христова

СТУДЕНТСКА

ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА 3,3 KW ВИСОКОЧЕСТОТЕН ЗАХРАНВАЩ БЛОК С ВИСОКА ПЛЪТНОСТ И ТРИСТЕПЕНЕН PFC	137
Преслав Енев <i>Технически колеж-Ловеч</i>	
ТЕХНОЛОГИЧНА ЕВОЛЮЦИЯ, ИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕТО НА N-TYPE TOPCON ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ.....	141
Преслав Енев, Антоанета Хинова <i>Технически колеж-Ловеч</i>	
КРИТЕРИИ ЗА ИЗБОР НА ТВЪРДИ ДИСКОВЕ	145
Кирил Павлов <i>Технически колеж-Ловеч</i>	
КОМПЮТЪРНО ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗРАБОТКА НА БАНЕР	149
Илиян Атанасов Ивов <i>Технически колеж- Ловеч</i>	

НАПРАВЛЕНИЕ 1

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИКА



COPA HYDROSYSTEM



ПРИЛОЖЕНИЕ НА СЕНЗОРИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ
НА ФИЗИКОХИМИЧЕСКИ ПАРАМЕТРИ НА МЛЯКО

Светослав Цветанов Иванов
Технически Университет София,
филиал Пловдив
E-mail: etehsv@gmail.com

Янка Николова Иванова
Тракийски университет,
Стара Загора
E-mail: yankakiss777@yahoo.com

Ирина Василева Банева
Тракийски университет,
Стара Загора
E-mail: renig@abv.bg

APPLICATION OF SENSORS FOR MEASURING PHYSICOCHEMICAL
PARAMETERS OF MILK

Svetoslav Cvetanov Ivanov
Technical University of Sofia,
branch Plovdiv
E-mail: etehsv@gmail.com

Yanka Nikolova Ivanova
Trakia University,
Stara Zagora
E-mail: yankakiss777@yahoo.com

Irina Vassileva Baneva
Trakia University,
Stara Zagora
E-mail: renig@abv.bg

Abstract

The proposed report reviews modern methods and sensor devices that are used in the design of microprocessor systems for measuring the physicochemical parameters of milk. Problems with the health of cows lead to changes in a number of physicochemical parameters, including temperature, electrical conductivity and color. The control and measurement of these parameters can serve as indicators of milk quality and indirect markers of the health status of animals. A review of technical means for measuring the temperature, electrical conductivity and color of cow's milk is made. The study was carried out with the aim of developing a technical option for tracking the spectral composition of reflected light and the intensity of its three primary colors - red, green and blue, in cow's milk.

Keywords: Sensors, temperature, electrical conductivity, milk color, mastitis

INTRODUCTION

Mastitis diseases in dairy cow breeds lead to significant changes in the physicochemical properties of the secreted milk, which alter its composition and make it unfit for the production of dairy products. From a purely production point of view, mastitis diseases cause heavy financial losses due to unfit and rejected production.

Among the most frequently isolated causative agents of mastitis are microorganisms from the genera *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Escherichia coli*, etc. [1]. Infections caused by these microorganisms lead to structural changes and atypical color shades in the milk.

Monitoring of the physicochemical parameters such as temperature, electrical conductivity and color can be used as

indicator of milk quality during milking and as indirect markers of udder health. These sensors can be integrated into milking cups, electronic milk meters or installed as stand-alone modules used on the farm.

One of the visible characteristics of milk is its color. The online color sensor is based on the principle of spectral analysis of the light reflected by the milk. The registration is carried out at three different wavelengths: red, green and blue [2]. The integration of these types of sensors into milking equipment allows for the early detection of mastitis.

The purpose of this article is to review the existing sensors in the scientific literature for measuring electrical conductivity, temperature and color of milk. The aim of this research is to develop a technical solution for monitoring the

spectral composition of reflected light and the intensity of the three primary colors – red, green and blue, in cow's milk.

Modern sensors for measuring physicochemical parameters of milk

With the development of modern sensor technologies and microelectronics, various methods and devices have been created for measuring the qualitative composition of milk. In the development of modern precision animal husbandry, the emphasis is on the creation of online and at-line sensor systems, allowing continuous monitoring of animal health in real time [3]. Conventional devices for measuring product colors in the food industry are colorimeters and spectrophotometers. They are also used in the analysis of milk color. Another well-known non-destructive technology for determining the color properties of various products is the so-called computer vision, which analyzes images obtained with RGB or NIR cameras. Digital image processing has established itself as the preferred method, thanks to its cost-effectiveness, technical accessibility, and the ability to accurately analyze color characteristics.

Colorimetric pH sensors are more commonly used and preferred compared to other pH sensors due to their simpler design. Voskoboynikova et al. (2021) have investigated different sensor membranes for pH analysis of pasteurized cow's milk, in which a spoilage process was simulated by adding lactic acid droplets corresponding to different pH values. The absorption spectra

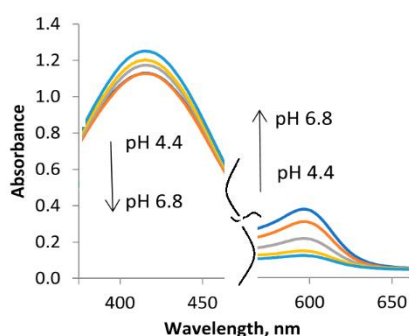


Fig.1. Absorption spectra of milk samples with different pH

of the sensor membranes after contact with milk samples at different pH levels are shown in Figure 1. The graph shows that at wavelengths of 415 nm and 600 nm, the absorbance varies almost linearly as a function of pH [4]. It is important to incorporate pH sensors into automated milking systems. The authors note that milk pH values can be reliable indicators of mastitis at an early stage. The use of these sensors in real time allows farmers to take adequate measures.

Using **an optical sensor**, shown in Figure 2, the fat content of milk can be measured. When the amount of fat in the milk changes, the refractive index of light changes, as well as the amount of reflected light. This is because fat affects the way light is refracted and reflected as it passes through the milk. A laser is used as the light source, emitting a concentrated and precise light beam. The reflected light is captured by a highly sensitive receiver, which measures the changes in light intensity and, on this basis, determines the fat content of the milk [5]. Optical sensors, including spectroscopic technologies, have been extensively studied for monitoring milk quality and animal health, especially for real-time detection of mastitis. Optical sensors can be extremely useful in detecting udder inflammation that leads to changes in milk color. For practical measurements of milk acidity, pH sensors are used to determine the concentration of hydrogen ions in the sample. The acidity of milk usually varies between 6.4 and 6.8 units,

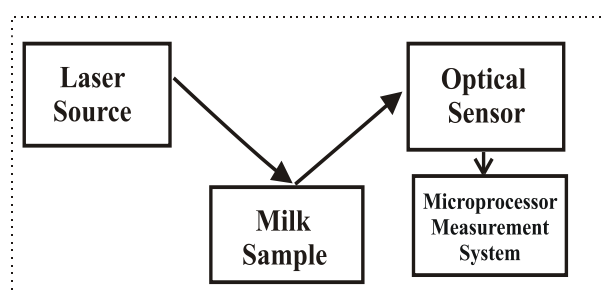


Fig.2. Block diagram of an optical sensor

with the optimal pH range being between 6.5 and 6.7. Milk with a pH below 6.2 is considered acidic and unfit for use. A factory acidity sensor, together with the electronic transducer, is shown in Figure 3.



Fig.3. pH sensor

Temperature sensors are a key component of the electronic equipment used in raw milk control systems. They detect temperature fluctuations and convert them into electrical signals. The most common types of sensors used for this purpose are thermistors, thermocouples or semiconductor sensors (Fig. 4). The use of such sensors can lead to improved process optimization and reduced economic losses [6]. A system for monitoring the temperature of milk and dairy products using smart sensors is being implemented. It has been found that combining temperature sensors with optical technologies provides a much more accurate assessment of milk quality, as well as early signs of udder inflammation.



Fig.4. Temperature sensor

Turbidity sensors measure the clarity of milk by detecting the presence of foreign particles or impurities. Typically, the turbidity of pure milk ranges between 10 and 20 NTU (Nephelometric Turbidity Units). If turbidity values exceed this range, it may indicate the presence of foreign

particles or contaminants in the milk [7]. A turbidity sensor and its electronic transducer are shown in Figure 5. Using turbidity sensors in combination with others (such as temperature and pH sensors) significantly improves the overall monitoring of milk quality and provides more reliable results for detecting contaminants at different stages of the production process. These technologies are particularly suitable for automated monitoring systems.

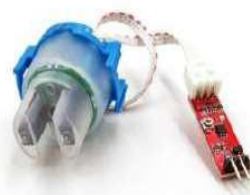


Fig.5. Turbidity sensor

Another sensor that is used to determine dissolved solids in milk, such as salts, minerals, and metals, is the **TDS sensor**. Total dissolved solids (TDS) in milk typically ranges between 120 and 180 milligrams per liter (mg/L) or parts per million (ppm). Higher TDS values may indicate the presence of added salts or minerals in milk. Figure 6 shows a TDS sensor. TDS sensors can measure dissolved salts and minerals in milk, thereby signaling the presence of chemicals or additives [8]. Digital TDS sensors are used to monitor milk quality in real time. They provide accurate and fast measurements of dissolved solids in milk. Integrating TDS sensors into automated systems can significantly improve milk quality and reduce human errors in measurements.



Fig.6. TDS sensor

Conductivity sensor. Conductivity sensors measure the electrical conductivity of milk, which depends on the concentration of dissolved ions in it. The higher the concentration of these ions, the greater the conductivity. In pure milk, electrical conductivity typically varies between 2.2 and 2.5 mS/cm (millisiemens per centimeter) at 25°C. This level of conductivity is mainly due to the presence of dissolved ions, such as calcium, magnesium and other minerals. An electrical conductivity sensor is shown in Figure 7. It has applications in early diagnosis of mastitis [9]. Studies have shown that when the udder is inflamed, the electrical conductivity of milk increases, making it an important indicator of animal health. These sensors can be integrated into automated monitoring systems, providing fast and accurate data on milk quality.



Fig.7. Conductivity sensor

Gas sensors, also known as air quality sensors, are used to detect toxic gases in the form of unpleasant odors. These sensors are highly sensitive to ammonia, sulfide, smoke, and other harmful gases. An example of such a sensor is MQ135, shown in Figure 8. The MQ135 sensor contains SnO₂ (tin oxide) which acts as a sensing material. In clean air, the MQ135 has a high resistance. When the concentration of gases, such as ammonia or sulfide, increases, the resistance of SnO₂ decreases. This variation in resistance is used to quantify the level of contamination in the air or milk. These sensors can detect contaminants in milk even before visual changes are noticed. Gas sensors can be integrated into automated monitoring systems that not only

detect contaminants but also help in the early diagnosis of animal diseases.



Fig.8. Gas sensor

Intelligent Systems for measuring physicochemical parameters of milk

One of the modern solutions for detecting mastitis during milking is the MastiPro device, offered by the company Milking Cloud [10]. The automated device is compatible with any milking machine and is automatically activated every time the cows are milked. Thanks to the intelligent control system, MastiPro can detect early stages of mastitis by measuring the levels of Na and Cl ions in the milk, making the device an effective alternative to expensive laboratory methods such as somatic cell counting. Information about the measurement results is provided through colored indicators on the device itself, as well as through voice notifications that are sent via the MilkingCloud mobile application. This is an innovative solution for early diagnosis of udder diseases, ensuring timely intervention and playing a crucial role in the early detection of mastitis in cows (Figure 9).



Fig.9. Mastitis detection device when milking cows

A schematic diagram of a microprocessor system for measuring the physicochemical parameters of milk using the listed sensor devices is shown in Figure 10. The system is designed to measure individual milk parameters and send the data to the

user's mobile device (laptop, tablet or mobile phone). Using a Bluetooth module, data from the system is transmitted in real time, making it easier for milk producers to have constant access to the module and keep logs for later use.

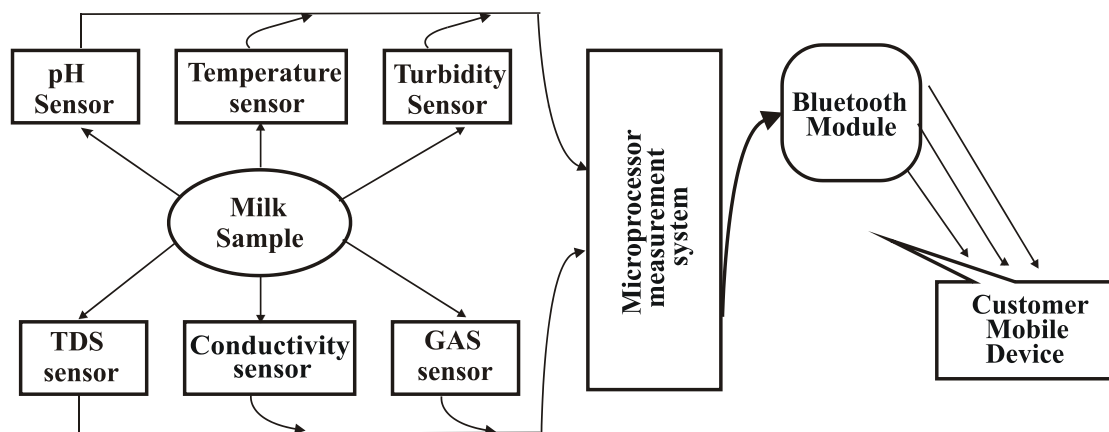


Fig.10. Block Diagram of Microprocessor Measurement System

Research is known to be aimed at developing a system for screening mastitis in raw cow's milk using electrical conductivity (EC) and acidity (pH) sensors. The data collected by these sensors is analyzed with fuzzy logic to determine the relationship between the two parameters in the milk. Previous studies have shown that measuring these two parameters is sufficient to effectively detect mastitis. The designed and researched system is based on real-time analytics using Internet of Things (IoT) technology. The collected data is sent to the cloud, allowing access to it via a mobile application in real time.

Conclusion

A review of the literature shows that sensor design for milk analysis is a rapidly developing area of research. Various methods and technologies have been considered for measuring physical, chemical and biological parameters that are crucial for determining milk quality. Data collection is a critical stage in the development of milk diagnostic systems, laying the foundation for subsequent

analysis. One of the modern methods for processing data obtained from sensors is the use of fuzzy logic, which allows for accurate assessment of milk quality. Sensors combined with machine learning algorithms and Internet of Things technologies offer new possibilities for real-time mastitis diagnosis.

By continuously monitoring parameters such as conductivity, temperature, pH, color, turbidity and others, problems related to udder health can be detected in a timely manner, even during the milking process. This allows dairy producers and processors to take timely action, ensuring the production of safe and high-quality milk.

REFERENCES

- [1] Hu H., Fang Z., Mu T., Wang Z., 2021. "Application of metabolomics in diagnosis of cow mastitis". *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 747519. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.747519>
- [2] Riveros-Galán DS and Obando-Chávez M, 2021. Mastitis, somatic cell count, and its impact on the quality of dairy products: A

- review. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 34(4), 241–253. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v34n4a01>
- [3] Dragone R., Grasso G., Licciardi G., 2024. Sensors driven system coupled with artificial intelligence for quality monitoring and HACCP in dairy production. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 45, 100683. <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2024.100683>
- [4] Voskoboinikova O., Sukhanov A., Duerkop A., “Optical pH sensing in milk: A small puzzle of indicator concentrations and the best detection method”.*Chemosensors*, 2021, 9(7), 177. <https://doi.org/10.3390/chemosensors9070177>
- [5] Desai J., Kadav R., Karki B, Patil V., Prof. Lalita M., “Detection of adulteration in milk using optical sensor”, 2019, *Pramana Research Journal*, 9(2). <https://pramanaresearch.org/>
- [6] Zhao T., Wang L., Li Y., Li Z., Zhao P., Qi Y., Li M., Wang Z., “Temperature monitoring system for dairy products using smart sensors”, 2021, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 334, 129347. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.129347>
- [7] Rodriguez-Ronderos JJ., López-Alonso JJ., D.Valencia-Sotelo and Y. Montero-Méndez, „Turbidity of Raw Milk for Human Consumption“, 2016, *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6565-6570, <https://www.journalofdairyscience.org/>
- [8] Singh P., Yadav D., Kumar A., S.Kumar and N. Gupta, „Real-time monitoring of total dissolved solids (TDS) in milk using a digital TDS sensor“, 2020, *Sensors*, 20(7), 1893. <https://doi.org/10.3390/s20071893>
- [9] Tiwari S., Paudyal S., Melendez P., Manriquez D., Velasquez-Munoz A., Pena G., Roman-Muniz IN., “Electrical conductivity as an indicator of mastitis in dairy cows: A review”, 2019, *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2345–2354. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15213>
- [10] <https://www.milkingcloud.com>

ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА КОМФОРТНИ
УСЛОВИЯ В ПЛУВЕН БАСЕЙН

Димитър Трифонов

Русенски университет „Ангел Кънчев“

Иван Недялков

Русенски университет „Ангел Кънчев“

ELECTRONIC SYSTEM FOR ENSURING COMFORTABLE CONDITIONS
IN A SWIMMING POOL

Dimitar Trifonov

University of Ruse “Angel Kunchev”

Ivan Nedyalkov

University of Ruse “Angel Kunchev”

Abstract

The development of technologies makes home swimming pools increasingly accessible. Which creates an additional need for systems that manage the processes in them. Electronic systems that allow for temperature control, water flows, the amount of chlorine in the water and environmental monitoring. For this purpose, algorithms have developed and a structure of the electronic system has proposed, providing a number of possibilities.

Keywords: control; swimming pool; temperature; chemical control.

ВЪВЕДЕНИЕ

В резултат на затоплянето на климата в глобален мащаб расте необходимостта от изкуствена климатизация или алтернативни начини за охлаждане [3]. Едно от решения е използването на плувни басейни, като алтернативен метод за разхлаждане в горещите месеци на годината или отопляеми басейни през зимните месеци. В глобален мащаб се наблюдава стабилен растеж на пазара за последните години, причината плувните басейни стават все по достъпни [2]. В днешно време съществува сегмент, който дава възможност за функционален басейн в задния двор, който в края на сезона се разглобява и прибира за да не заема излишно място. Стопанисването на плуven басейн или малък басейн се свързва с определени фактори, като[1]:

- периодично почистване на водата листа и случайно попаднали предмети;
- комфортна температура на водата:
 - в общия случай тя зависи от температура на околната среда
- контрол на количеството на хлор;
- контрол на нивото на водата;

- мониторинг и управление.

В практиката предложените фактори са намерили частично решение в различни съществуващи решения, като **IntelliCenter - Lite Pool Control System** на фирмата Pentair pool [5]. Даващ възможност за контролиране на температура, количеството хлор във водата, интелигентно управление на филтърната система, връзка посредством мобилно приложение чрез WiFi модул.

Друг пример е „**AquaLink TCX Pool Only Automation System**“ [4] даваща възможност за: управление на температурата, количеството на хлор и химия във водата, филтрацията, управление чрез мобилно приложение, но е свързана със закупуване на отделни модули на същата компания за правилната работа.

Управление на плувните басейни частично използва възможностите на „IoT“, като цялостната автоматизация не е достъпна до масовия потребител.

Целта на доклада е да се разработи алгоритъм за работа на електронна система която ще осигури комфортни условия в плуven басейн. За целта е необходимо въвеждане на основни критерий за

управление и да се предложи структура на електронната система.

Дотук разгледаните системи имам следните основни недостатъци:

- реализиране на възможностите им е свързано със закупуване на допълнителни модули (за комуникация, за управление на магнитни вентили и др.);
- не възможност от използване на различни техники за поливане;
- не възможност за комбинирано използване на водни ресурси: - водопровод, кладенец или съхранена вода;

Целта на доклада е да се представи електронна система за осъществяване на процеса на поливане даваща възможност за реализиране на различни техники за поливане, автономна работа и ефективно използване на водните ресурси.

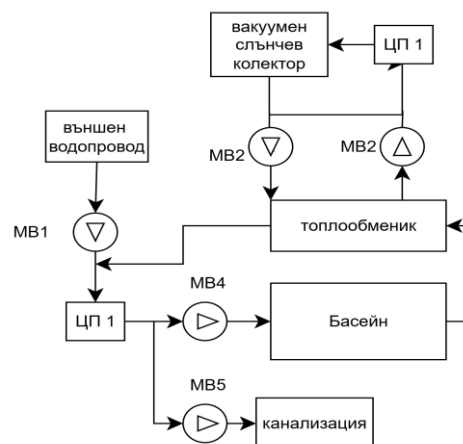
ИЗЛОЖЕНИЕ

В практиката съществуват различни начини за създаване на комфортни условия в плувен басейн:

- обикновен плувен басейн: - при него загряването на водата се осъществи посредством околната среда, а параметрите се контролират посредством периодични замервания и последваща корекция.
- отопляеми плувни басейни: - при тях загряването на водата се осъществява посредством външен източник, а останалите параметри се контролират чрез периодични замервания и последващи корекции.

На фиг. 1 е обобщена схемата за управление на потоци в плувен басейн имаща за цел осигуряване на комфортни условия. Посредством магнитен вентил 1 (MB1) се добавя вода от външен източник. Водата преминава от басейна през филтрите и топлообменника, като циркуляцията се осъществява от циркуляционната помпа (ЦП1) и магнитен вентил

(MB4). Източването на водата се осъществява чрез отваряне на MB5. За осъществяване на циркуляцията на флуида от слънчев колектор се използват MB2, MB3 и ЦП2.



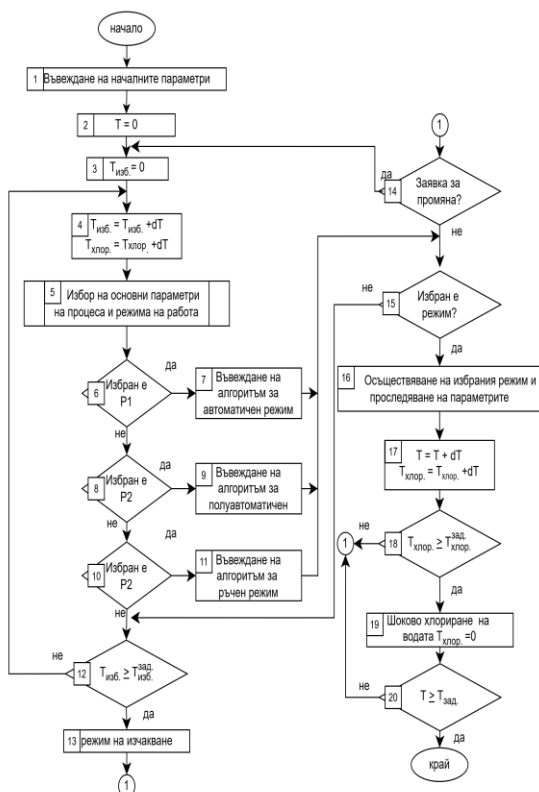
Фиг. 1 Основни потоци в плувен басейн

Осигуряването на комфортните условия в плувен басейн се свързва със въвеждането на следните критерии за управление:

- осъществяване на процесите по допълване и източване на басейн;
- осъществяване на процесите по циркуляция на водата в басейн;
- осигуряване на комфортна температура на водата;
- използване възможностите на възобновяемите източници на енергия;
- осигуряване на чистота на водата, посредством чрез поддържане на оптимално съдържание на хлор във водата;
- реализиране на различни режими на работа в зависимост от индивидуалните нужди на потребителя;
- проследяване на параметрите както водата в басейна, така и на околната среда;
- използване на възможностите на „IoT“ за управление и контрол на процесите.

Предложените критерии за управление служат за разработване обобщен

Спрямо предложените критерий за управление е разработен обобщен алгоритъм за работа (фиг. 2).



Посредством блок 2 и 3 се проследява времето за при избор на режим на работа и момента за хлориране на басейна ($T_{\text{хлор.}}$). Подпрограмата от блок 4 служи за избор на режим на работа и въвеждане на основните параметри на процеса:

- време за изчакване при избор: - $T_{\text{изб.}}$;
- време за шоково хлориране: - $T_{\text{хлор.}}$;
- минимален обем на водата в ба-
сейна: - V_{min}
- максимален обем на водата в ба-
сейна: - V_{max} ;
- температура изходящ флуид на
слънчев колектор: $t_{\text{с.к.}}$;
- температура на водата: $t_{\text{вода}}$;

- В обобщеният алгоритъм са предвидени три режима на работа:

- автоматичен: - при него автоматично се проследява и коригират нивото; температурата; количеството хлор; периодичната обработка на басейна.
- полуавтоматичен: - проследяването и корекцията са на: - нивото; количеството хлор и периодичната обработка. Тук потребителя управлява източника на загряване и типа му.
- ръчен режим: - тук всички параметри на процеса се проследяват, но се коригират от потребителя чрез панела за управление.

Блок от 5 до 10 осъществяват избора режим на работа на системата. В блок 11 се осъществява проверка дали е достигнато максималното време за избор, като има два възможни варианта. При изтекло време програмата влиза в режим на изчакване, който се прекъсва от натискане на бутон или заявка от мобилно приложение (блок 13). При не изтекло време за избор $T_{изб.}$ алгоритъма се връща към блок 3. Ако няма заявка за промяна (блок 13) се осъществява проверка дали е въведен режим на работа и съответните му параметри (блок 14). Блок 15 осъществява избрания режим на работа, а в блок 16 се проследява времетраенето на процеса (Т) и времето за хлориране на басейна (Тхлор.). В блок 17 се осъществява проверка дали е достигнато времето за хлориране на басейна, при изпълнено условие се осъществява хлорирането. Често то се извършва след затваряне на съоразението, за да се предпазят посетителите. В блок 19 се осъществява проверка дали е достигнато максималното време за рабо-

та, ако не е програмата се през блок 13. В противен случай се прекратява изпълнението на алгоритъма.

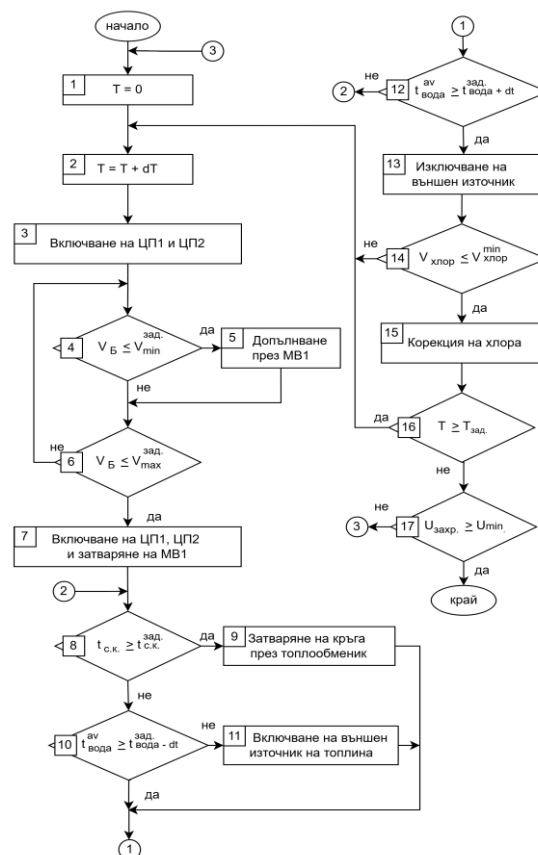
за промяна режима на работа, както от мобилно приложение така и от клавиатурата на устройството. Блок 12 е подпрограма осъществяваща избрания режим на работа с конкретно зададените параметри. Блок 13 и 14 осъществяват продължителността на процеса, ако не е достигнато максималното зададено време програмата се зацикля през блок 3. В противен случай се прекратява изпълнението на програмата.

На фиг. 3 е показана подпрограмата за осъществяване на автоматичния режим за управление на басейн. В блок 1 се въвеждат основните параметри на процеса, като:

- минимално и максимално ниво на басейна: $V_{\min}$ и $V_{\max}$;
- минимална температура изходящ флуид от слънчев колектор: $t_{\text{с.к.}}$;
- минимална и максимална температура на водата: $t_{\text{вода}}^{\min}$ и $t_{\text{вода}}^{\max}$;
- минимално съдържание на хлор при което е необходимо допълнително хлориране: $V_{\text{хлор}}^{\min}$;
- необходимо напрежение за правилна работа на системата: $U_{\min}$.

Блок 2 и 3 проследяват времетраенето на процеса, включването на циркулационните помпи на басейна и на слънчевия колектор (ЦП 1 и ЦП2) се осъществява посредством блок 4. В блок 5 се проверява за нивото на водата, при ниско ниво се допълва чрез отваря на връзката към външен водопровод (MB1), след достигане на максималното ниво $V_{\text{зад. max}}$ (блок 7) се затваря MB1 (блок 8), по този начин се спира водата от външния водопровод. Отоплението чрез слънчевия колектор се осъществява посредством блок 9 и 10, ако температурата на изходящия флуид на слънчевия колектор надвишава зададената $t_{\text{с.к.}}^{\text{зад.}}$.

отоплението се осъществява чрез топлообменник през който протича флуида на слънчевия колектор (затварят се MB2 и MB3). Ако температурата на слънчевия колектор е недостатъчна се включва външен източник на топлина (електрически нагревател; термopомпа или друг). В блок 13 се осъществява проверка дали е достигната максималната зададена температура $t_{\text{вода}}^{\text{зад.}}$, ако е достигната се изключват външния източник.

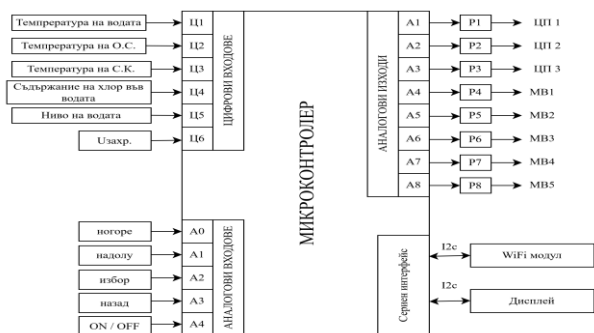


Фиг. 3 Подпрограма за автоматичния режим за управление на плуен басейн

Ако не е достигната алгоритъма се връща в блок 9 до достигането ѝ. В блок 14 се осъществява проверка за концентрацията на хлор във водата, ако е пониска от зададената $V_{\text{зад. min}}$, чрез блок 16 се осъществява допълнително добавяне на хлор. Дали е достигнато максималното времетраене на процеса се проверява в блок 17, ако то не е достигнато цикъла се затваря през блок 3. В противен слу-

чай се осъществява проверка за необходимо захранващо напрежение $U_{\min}$ (блок 18), при изпълнено условие се слага край на изпълнението на алгоритъма. В противен случай цикъла се затваря през блок 2.

На фиг. 4 е представен структурата на електронната система за осигуряване комфортни условия на плувен басейн.



Фиг. 4 Структурна схема на електронна система за осигуряване на комфортни условия на плувен басейн

Температурата на околната среда, водата и изходящия флуид на слънчевия колектор постъпват към цифровите входове Ц1 до Ц3. Съдържанието на хлор се измерва и подава към Ц4, а нивото на водата постъпва към входа Ц5. Данните за захранващото напрежение се подават към цифров вход Ц6. Към аналоговите входове А1 до А5 са свързват бутоните за управление. Посредством аналоговите изходи през релета се управляват циркулационната помпа на водата във басейна ЦП1, както и циркулацията на флуида на слънчевия колектор през топлообменника. За дозирането на хлор е предвиден изхода А3, където чрез времето на работа се определя количеството на добавения хлор. Чрез изходи А5, А6 и релета Р5 и Р6 се определя дали флуида циркулира през слънчевия колектор или топлообменника. При липса на сигнал флуида циркулира във вътрешния кръг на слънчевия колектор. Водата се източва от басейна посредством изход А8, реле Р8 и магнитен вентил MB5. А циркулацията

на водата се осъществява от изход А7. Посредством сериен интерфейс I2c се осъществява връзката със външен WiFi модул и мобилно приложение. Към системата е предвиден външен дисплей в случаите отпадане на връзката с интернет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на въведените критерии за управление в доклада е разработена електронна система за осигуряване на комфортни условия на плувен басейн. Отоплението е реализирано посредством две независими източника: - слънчев колектор или електрически източник. Разработени са алгоритми за управление даващ възможност за реализиране на различни режими на работа, като целта е автоматизиране на процесите по осигуряване на определени параметри без необходимост от човешка намеса. Предложената система дава възможност за контрол на температура, нивото и количество на хлор в плувен басейн, частично използвайки възможностите на възобновяеми източници на енергия.

Предложена е структура на електронната система, използваща разработените алгоритми и даваща възможност за проектиране на работеща система.

БЛАГОДАРНОСТ

Изследването е проведено от Фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет по проект № 26-FEEA-03 „Изследване и моделиране на обекти и системи в прецизното земеделие, медицинската и осветителна техника, електрониката, енергетиката и транспорта“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Alotaibi, A. Automated and Intelligent System for Monitoring Swimming Pool Safety Based on the IoT and Transfer Learning. Electronics 2020, 9, 2082. <https://doi.org/10.3390/electronics9122082>

- [2] Gomez-Guillen, J.-J.; Arimany-Serrat, N.; Tapias Baqué, D.; Giménez, D. Water and Energy Sustainability of Swimming Pools: A Case Model on the Costa Brava, Catalonia. *Water* **2024**, *16*, 1158. <https://doi.org/10.3390/w16081158>
- [3] Scott, D.; Gössling, S.; Hall, C.M. International Tourism and Climate Change. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 2012, *3*, 213–232.
- [4] <https://www.jandy.ca/en-ca/products/pool-automation/automation-system/aqualink-tex>
- [5] <https://www.pentair.com/en-us/products/residential/pool-spa-equipment/pool-automation/intellicenter-lite-control-system.html>

ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА ПОЛИВАНЕ НА ОТКРИТИ ПЛОЩИ

Димитър Трифонов
Русенски университет „Ангел Кънчев“

Николай Начков
Русенски университет „Ангел Кънчев“

ELECTRONIC SYSTEM FOR WATERING OUTDOOR AREAS

Dimitar Trifonov
University of Ruse “Angel Kunchev”

Nikolay Nachkov
University of Ruse “Angel Kunchev”

Abstract

The yields and quality of agricultural production related to irrigation. Choosing the right irrigation technique is key to proper development. The solution to these challenges related to the use of modern technologies. The aim of study is to be developed electronic system for watering open areas allows for implementation of processes dependence on atmospheric and soil factors. System will determines the most appropriate method of watering depending of the current parameters, as well as the possibility of using rainwater. The study proposes algorithms for control and structure of the electronic system.

Keywords: watering; outdoor; relative humidity; drip irrigation.

ВЪВЕДЕНИЕ

В глобален мащаб селското стопанство е ключов отрасъл за независимостта на една страна. Основни проблеми са използваните технологии, неправилната структура, правилно управление на ресурсите и възможностите, както и разнообразието на произвежданата продукция [1]. Друга предпоставка за намаляване на агробиоразнообразието е присъединяване на България към сухопътното Шенгенско пространство. По този начин се намаляват сроковете за доставка и се създават предпоставки за внос на капризни за отглеждане култури. Съвкупността от изброените предпоставки в комбинация с повишаването на стандарта на живот намалява нуждата от разнообразното производство, като намалява собственото производство на взискателни култури.

На пазара съществуват различни готови решения за осъществяването на процесите по поливане, като недостатък на повечето е приложимостта им за една техника на поливане. Т.е. са приложими

за капково напояване или дъждуване, но не и за комбинация от двете [2,3].

Популярен избор е програматора **Hunter X2** [4]:-управление на до 14 станции; възможност за избор продължителност и момент на поливане; откриване на дефекти по свързаните със системата проводници; безжична (WiFi) комуникация.

Друг пример за съществуващо решение е **Rain Bird RC2**: съставяне на поливен график; забавяне на поливането (необходим е сензор за дъжд); времетраене и време на заработване; управление на магнитни вентили; възможност за дистанционно управление чрез WiFi модул.

Дотук разгледаните системи имам следните основни недостатъци:

- реализиране на възможностите им е свързано със закупуване на допълнителни модули (за комуникация, за управление на магнитни вентили и др.);
- не възможност от използване на различни техники за поливане;

- не възможност за комбинирано използване на водни ресурси: - водопровод, кладенец или съхранена вода;

Целта на доклада е да се представи електронна система за осъществяване на процеса на поливане даваща възможност за реализиране на различни техники за поливане, автономна работа и ефективно използване на водните ресурси.

ИЗЛОЖЕНИЕ

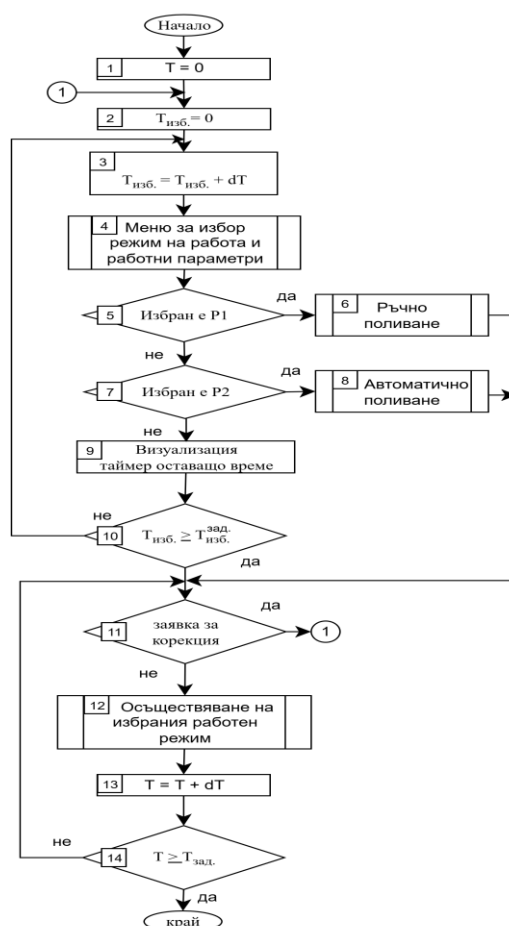
Съществуват различни техники за поливане в практиката, като широко приложение в практиката са намерили две от тях:

- дъждуване: - водата се подава към листата и стеблата под формата на водни капчици.
- капково напояване: - водата се подава посредством тръби към основата на стеблото под формата на капчици.

Правилното функциониране на система за поливане на открити площи е свързана със специфични изисквания които можем да формулираме, като следните критерии за управление:

- осъществяване на процеса поливане в зависимост от спецификата на околната среда;
- проследяване на параметри на почвата, като температура и влажност;
- регистриране на дъжд с цел оптимизиране на разходите;
- съхранение и използване на дъждовна вода за поливане;
- осъществяване на различни работни режими, като ръчен, автоматичен.
- използване на възможностите на „IoT“.

Спрямо предложените критерий за управление е разработен обобщен алгоритъм за работа (фиг. 1). Блок 2 и 3 въвеждат времетраене за избор режима на работа на електронната система.



Фиг. 1 Обобщен алгоритъм за работа на електронна система за поливане на открити площи

В подпрограмата от блок 4 се осъществява избора на отделните параметри на процеса:

- време за поливане;
- време на поливане $T_{пол.}$;
- относителна влажност: - RH;
- температура на околната среда: - $t_{o.c.}$;
- минимален обем на съда за съхранение: - V_{cc} .

Ръчното поливане се осъществява посредством подпрограмата в блок 6, а автоматичното от подпрограмата в блок 8. В ръчен режим потребителя задава времето от деня в което да се осъществи поливането, колко да продължи, от какъв източник на вода да се осъществи поливането. При автоматичният поливането се осъществява на базата на зададено

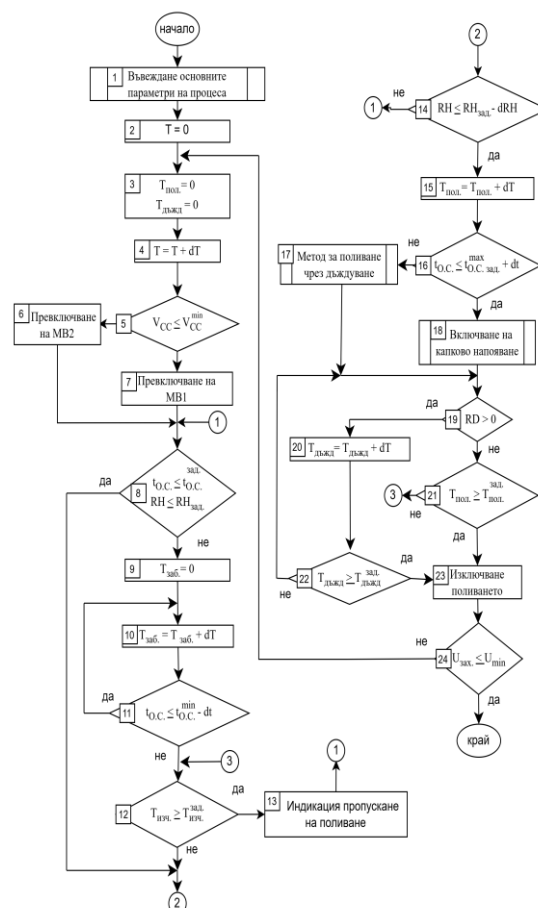
време от деня в което да се осъществи, влажност на почвата, температура на околната среда, обем на съда за дъждовна вода. На базата на тези параметри се избира както техниката на поливане, така и продължителността. Блоково 5 и 7 определят какъв режим е избран, ако не е направен избор се визуализира на дисплея таймер оставащо време (блок 9). След изтичане на времето $T_{изб.}$ (блок 10) се проверя дали има заявка за промяна режима на работа, както от мобилно приложение така и от клавиатурата на устройството. Блок 12 е подпрограма осъществяваща избрания режим на работа с конкретно зададените параметри. Блок 13 и 14 осъществяват продължителността на процеса, ако не е достигнато максималното зададено време програмата се зацикля през блок 3. В противен случай се прекратява изпълнението на програмата.

На фиг. 2 е показана подпрограмата за осъществяване на автоматичния режим на поливане. В блок 1 се въвеждат основните параметри на процеса, тук те са:

- относителна влажност на почвата; - RH;
- максимално време за валеж: - $T_{джд.}$ това е времето след което не е необходимо осъществяване на поливане.
- минимален обем на съда за съхранение на вода: - V_{CC} ;
- температура на околната среда: $t_{o.c.}$ над която не е препоръчително поливане;
- продължителност на поливане: $T_{пол.}$;

Блок 2,3 и 4 служат за проследяване на времената. В блок 5 се осъществява проверка за достатъчност на нивото на съда за съхранение на дъждовна вода. Ако има достатъчно вода, т.е. е изпълнено условието се включва магнитен вентил (MB1) и поливането се осъществява посредством съда за съхранение (блок 7), в противен случай то се осъществява

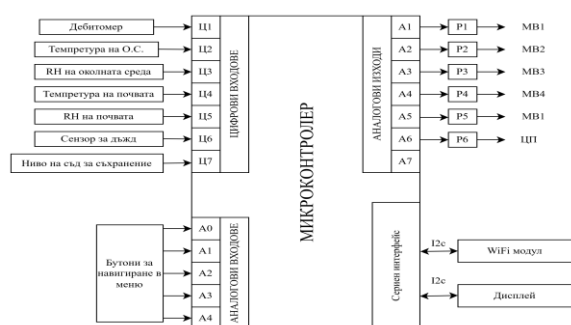
от външен водопровод чрез превключване на MB2 (блок 6). В блок 8 се осъществява проверка дали температурата и относителната влажност отговарят на условията за осъществяване на поливане. Ако някое от двете условия не е изпълнено се осъществяват проверките в блок 11, при ниска температура се изчаква да се повиши (блок 11).



Фиг. 2 Подпрограма за автоматично осъществяване на процеса на поливане

След изтичането на зададеното по условие време $T_{изб.}$ В блок 13 се индикира „пропусната поливане“. В противен случай се осъществява проверка за влажност на почвата (блок 14). При понижаване на влажността под зададената по условие $RH_{зад.}$ се осъществява проверката в блок 16 за температура на околната среда $t_{o.c. зад.}$. Ако температурата е висока се включва капковото напояване

(блок 18), в противен случай се включва системата за дъждуване. По време на целия процес на поливане се осъществява проверка дали възниква валеж (блок 19). В блок 20 и 22 се осъществява проследяването на валежа, ако достигне максималното време зададено по условие се спира поливането (блок 23), друго условие за спиране на поливането е достигане на зададеното време за поливане $T_{пол. зад.}$. Ако условието в блок 21 е изпълнено се прекратява изпълнението на програмата, в противен случай алгоритъма се заикля през блок 3.



Фиг. 3 Структурна схема на електронна система за осъществяване на процеса на поливане на открити площи

На фиг. 3 е представена структурата на електронна система използваща разработените алгоритми. Параметрите на околната среда и почвата постъпват към цифровите входове Ц2 до Ц5, към Ц1 постъпва информацията от дебитомер за количество вода от външен източник. За да се намалят разходите за поливане е предвиден сензор за дъжд, отчитащ момента и количеството дъжд (Ц6). За намаляване на количеството вода се използва и съд за съхранение на дъждовна вода, като нивото му се проследява и изпраща към микроконтролера през Ц7.

Посредством аналогови изходи и релета (P) се управляват магнитните вентили (MB1 до MB5), които служат за осъществяване на процеса по поливане. Посредством тях се осъществява избора вида на поливане (капково или дъждуване), източника на вода за поливане и/или

комбинация между тях. За създаване на допълнително налягане на водата от съда за съхранение е предвидена циркуляционна помпа (ЦП) управлявана от А6 и реле (P6). Микроконтролера, бутоните, дисплея и релетата биха се разполагали във влагозащитен корпус, а останалите елементи от схемата ще бъдат разположени на атмосферните влияния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За целите на разработката се избират два от начините за поливане (капково напояване и поливане чрез дъждуване). Подбрани са параметри на почвата и околната среда, оказват влияние върху развитие на растенията. Разработени са алгоритми за управление на електронна система за поливане на открити площи. Позволяващи както за автоматично, така и за ръчно-дистанционно поливане. При автоматичния режим система определя необходимостта от поливане на базата на относителна влажност, наличие на дъжд и избира най-подходящия метод за поливане в зависимост от конкретни задания. Системата разполага с възможност за използване на съхранена дъждовна вода, като по този начин биха се намалили разходите за осъществяване на процеса на поливане.

Предложена е структура на електронната система, която би послужила за създаване на работен прототип.

БЛАГОДАРНОСТ

Изследването е проведено от Фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет по проект № 26-FEEA-03 „Изследване и моделиране на обекти и системи в прецизното земеделие, медицинската и осветителна техника, електрониката, енергетиката и транспорта“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Maisiri, N., et al. "On farm evaluation of the effect of low cost drip irrigation on water

- and crop productivity compared to conventional surface irrigation system." Physics and Chemistry of the Earth, parts A/B/C 30.11-16 (2005): 783-791.
- [2] Sezen, S. M., et al. "Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions." Agricultural Water Management 98.7 (2011): 1153-1161.
- [3] Yang, Pei, et al. "Review on drip irrigation: impact on crop yield, quality, and water productivity in China." Water 15.9 (2023): 1733.
- [4] <https://www.hunterirrigation.com/>
- [5] <https://www.rainbird.com/>

**ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА РАБОТНИЯ
ФЛУИД ВЪРХУ ДИНАМИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ В
ЕЛЕКТРОХИДРАВЛИЧНА СЛЕДЯЩА СИСТЕМА
(Част I)**

Константин Илчев Делчев
Технически университет – Габрово

**STUDY OF THE INFLUENCE OF WORKING FLUID TEMPERATURE ON
DYNAMIC PROCESSES IN AN ELECTROHYDRAULIC TRACKING
SYSTEM
(Part I)**

Konstantin Ilchev Delchev
Technical University of Gabrovo

Abstract

The paper discusses the operation of an electrohydraulic tracking system with a rotary actuator. A mathematical model has been developed that takes into account the influence of temperature on the parameters of the working fluid – density, dynamic viscosity, kinematic viscosity, bulk modulus. An analog model of the system has been compiled and the processes occurring at different temperatures of the working fluid have been simulated. The results are presented in graphical form.

Keywords: electrohydraulic system, automatic system, mathematical model, density, dynamic viscosity, kinematic viscosity, bulk modulus, temperature, transient processes.

ВЪВЕДЕНИЕ

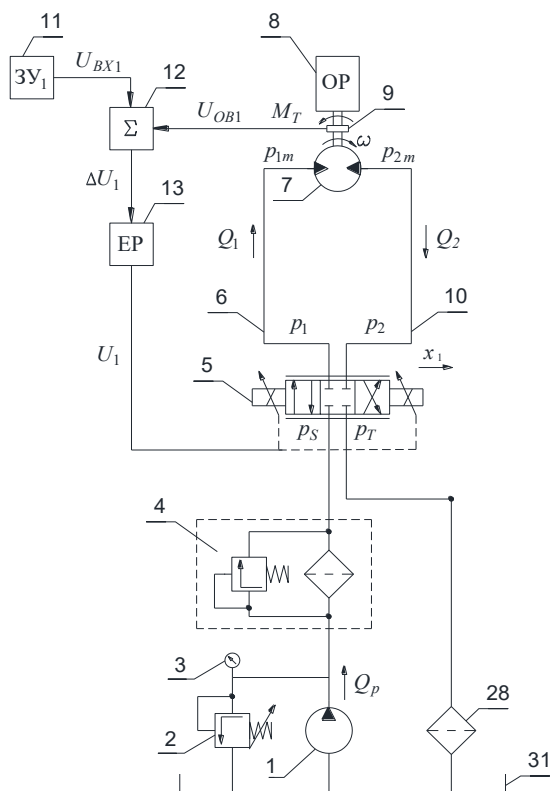
Електрохидравличните следящи системи за възвратно - постъпателно или възвратно – въртливо движение на изпълнителния орган намират широко приложение в съвременната индустрия. Обикновено при техния анализ работната течност се приема за несвиваема. В реални експлоатационни условия тя е подложена на редица влияния като нагряване, охлаждане и промяна на налягането [1, 3, 4, 9,11]. Това води до изменение на нейните физико-механични свойства като плътност, вискозитет, модул на обемна еластичност, топлопроводимост и др., и оказва влияние върху работата на електрохидравличната следяща система в динамичен и установен режим [3, 6]. По този начин се изменят и самите параметрите на системата, манипула-

ционните действия стават трудно предвидими и контролируеми. Поради това при разработването на адекватни математични модели е необходимо да се отчита влиянието на температурата на работната течност.

В редица изследвания на електрохидравлични следящи системи се прилагат нелинейни модели, които позволяват поточно описание на протичащите процеси при променливи експлоатационни условия [2, 5, 6, 7, 10]. Отчитането на реалните физични свойства на работната течност допринася за подобряване на качеството на регулиране и повишаване на енергийната ефективност на системата. Това създава предпоставки за оптимизиране на конструктивните и управляващите параметри на електрохидравличните следящи системи [6, 7, 8].

ИЗЛОЖЕНИЕ

На фиг. 1 е показана схема на електрохидравлична следяща система с дроселно регулиране за възвратно-въртливо движение на изпълнителния механизъм. Задачата на следящата система е да задвижи обекта на регулиране по определен закон, като се преодолеят съпротивителните сили и да се осигури плавна работа на системата независимо от външните смущения. Системата се състои от следните елементи: 1 - зъбна помпа; 2 - предпазен клапан; 3 - манометър; 4 - филтър за високо налягане с вграден предпазен клапан; 5 - пропорционален тазпределител; 6, 10 – нагнетателни тръбопроводи; 7 – хидромотор; 8 – обект на регулиране; 9 – сензор за ъглова скорост; 11 – задаващо устройство, ЗУ₁; 12 – сумиращо устройство; 13 – електронен регулатор, ЕР; 28 – филтър за ниско налягане; 31 – резервоар.



Фиг. 1. Схема на електрохидравлична следяща система с ротационно изпълнителен механизъм

Математичен модел на системата

Работата на електрохидравличната следяща система в динамичен режим се описва със следните уравнения:

1. Уравнение за въртене на вала на хидромотора:

$$J \frac{d\omega}{dt} + k_{TP1} \omega = w(p_{1m} - p_{2m}) - M_T \quad (1)$$

където: J - приведен инерционен момент към вала на хидромотора; ω - ъглова скорост на въртене на вала на хидромотора; p_{1m}, p_{2m} - налягане от двете страни на хидромотора; w - специфичен обем на хидромотора, $w = q/2\pi$; q - работен обем на хидромотора; k_{mp1} - коефициент на хидравлично триене; M_T - товарен момент приложен към вала на хидромотора.

2. Уравнение на пропорционалния разпределител [9]:

$$T_{U1} \frac{dx_1}{dt} + x_1 = k_{U1} U_1 \quad (2)$$

където: T_{U1} , x_1 , k_{U1} - времеконстанта, преместване на плунжера и коефициент на усилване на пропорционалния разпределител.

3. Уравнения на протичащите дебита през пропорционалния разпределител [4]:

- при $x_1 \geq a$

$$Q_1 = \mu_1 S_g(x_1) \sqrt{\frac{2(p_s - p_1)}{\rho}} \quad (3)$$

$$Q_2 = \mu_2 S_g(x_1) \sqrt{\frac{2(p_2 - p_T)}{\rho}} \quad (4)$$

- при $x_1 < a$

$$Q_1 = \mu_1 S_g(x_1) \sqrt{\frac{2(p_1 - p_T)}{\rho}} \quad (5)$$

$$Q_2 = \mu_2 S_g(x_1) \sqrt{\frac{2(p_s - p_2)}{\rho}} \quad (6)$$

където:

$S_g(x_1)$ – дроселираща междина, $S_g(x_1) = \pi dx_1$ (при нулево припокриване на разпределителя);

Q_1, Q_2 – преминаващи дебити през пропорционалният разпределител; μ_1, μ_2 – коефициенти на дебит; ρ – плътност на хидравличното масло;

x_1, d – преместване и диаметър на плунжера на пропорционалния разпределител;

p_s, p_T – захранващо и сливно налягане;

p_1, p_2 – налягане в тръбопроводите към хидромотора.

4. Уравнение на сумиращото устройство:

$$\Delta U_1 = U_{BX1} - U_{OB1} \quad (7)$$

където:

ΔU_1 – напрежение на изхода на сумиращото устройство;

U_{BX1} – задаващо напрежение;

U_{OB1} – напрежение на обратната връзка, $U_{OB1} = k_{OB1} \omega$;

k_{OB1} – коефициент на обратната връзка.

5. Уравнение на електронния ПИД регулатор:

$$U_1 = k_1 \left(\Delta U_1 + \frac{1}{T_{I1}} \int \Delta U_1 dt + T_{D1} \frac{d\Delta U_1}{dt} \right) \quad (8)$$

където: U_1 – напрежение на изхода на автоматичния регулатор; k_1 – коефициент на усилване на регулатора; T_{I1} – времеконстанта на диференциране на регулатора; T_{D1} – времеконстанти на интегриране на регулатора.

6. Уравнения за постъпващите дебити към лявата и дясната страна на хидромотора:

$$Q_1 = w_M \omega + \frac{V_{01}}{B_1} \frac{dp_{1M}}{dt} \text{sign}(\omega) \quad (9)$$

$$Q_2 = w_M \omega - \frac{V_{02}}{B_2} \frac{dp_{2M}}{dt} \text{sign}(\omega) \quad (10)$$

където:

Q_1, Q_2 – постъпващият и изходящият дебит от и към хидромотора;

w – специфичен обем на хидромотора;

V_{01}, V_{02} – обеми на лявата и дясната страна на хидромотора,

$$V_{01} \approx \frac{1}{2} q_m = V_{02};$$

B_1, B_2 – модул на обемна еластичност на хидравличното масло, $B_1 = B_2 = B$.

7. Уравнения за движението на течността в тръбоводи 6 и 10 (фиг. 1).

В хидравличните задвижвания дължините на нагнетателните тръбопроводи в повечето случаи достигат до няколко метра, при което могат да се разглеждат като обекти със средоточени параметри.

- при $x_1 \geq a$

$$\frac{\rho L_1}{A_{T1}} \frac{dQ_1}{dt} + \frac{f_1 \rho L_1}{2 d_1 A_{T1}^2} |Q_1| Q_1 = p_1 - p_{1m} \quad (11)$$

$$\frac{\rho L_2}{A_{T2}} \frac{dQ_2}{dt} + \frac{f_2 \rho L_2}{2 d_2 A_{T2}^2} |Q_2| Q_2 = p_{2m} - p_2 \quad (12)$$

- при $x_1 < a$

$$\frac{\rho L_1}{A_{T1}} \frac{dQ_1}{dt} + \frac{f_1 \rho L_1}{2 d_1 A_{T1}^2} |Q_1| Q_1 = p_{1m} - p_1 \quad (13)$$

$$\frac{\rho L_2}{A_{T2}} \frac{dQ_2}{dt} + \frac{f_2 \rho L_2}{2 d_2 A_{T2}^2} |Q_2| Q_2 = p_2 - p_{2m} \quad (14)$$

където:

f_1, f_2 – коефициенти на хидравлично триене;

L_1, L_2 – дължини на тръбопроводи 6 и 10, (фиг. 1);

d_1, d_2 – диаметри на тръбопроводите;

A_{T1}, A_{T2} – площи на напречните сечения на тръбопроводите 6 и 10, (фиг. 1),

$$A_{T1} = \frac{\pi d_1^2}{4}, A_{T2} = \frac{\pi d_2^2}{4};$$

p_{1m}, p_{2m} – налягане на входа и изхода на хидромотора.

8. Зависимост за модула на обемна еластичност на работния флуид.

В общият случай обемния модул на еластичност е функция на температурата и налягането на работния флуид $B=B(T, p)$. При наляганя до 30MPa може да се използва зависимостта [1]:

$$\lg \frac{B_{T_1}}{B_{T_2}} = a_T (T_2 - T_1) \quad (15)$$

където: T_1, T_2 – различни температури на работния флуид; $B_{T_1}, B_{T_2} = 2,1 \times 10^9 \text{ Pa}$ – модули на обемна еластичност на хидравличното масло при температури T_1 и T_2 ; $a_T = 2 \times 10^{-3}$ – коефициент.

9. Уравнение на връзката между плътността и температурата на работния флуид:

$$\rho = \rho_{15} - \rho_{15} \alpha_{\rho 15} (T - 15) \quad (16)$$

където:

ρ, ρ_{15} – плътности на работния флуид при температура T и при температура $T=15^\circ\text{C}$;

$\alpha_{\rho 15}$ – коефициент, $\alpha_{\rho 15} = 0.0007$.

10. Уравнение за определяне на динамичния вискозитет.

В хидравличните системи обикновено се работи с налягане под 40 MPa .

За динамичният вискозитет е валидна зависимостта [2]:

$$\eta(p, T) = a e^{\left[\frac{b}{(T+273.15)-c} \right]} e^{\left[\frac{p}{a_1+a_2T+(b_1+b_2T)p} \right]} \quad (17)$$

където:

η – коефициент на динамичен вискозитет на хидравличното масло;

a, b, c, a_1, a_2 – константи;

p, T – налягане и температура на работния флуид.

11. Уравнение за определяне на кинематичния вискозитет.

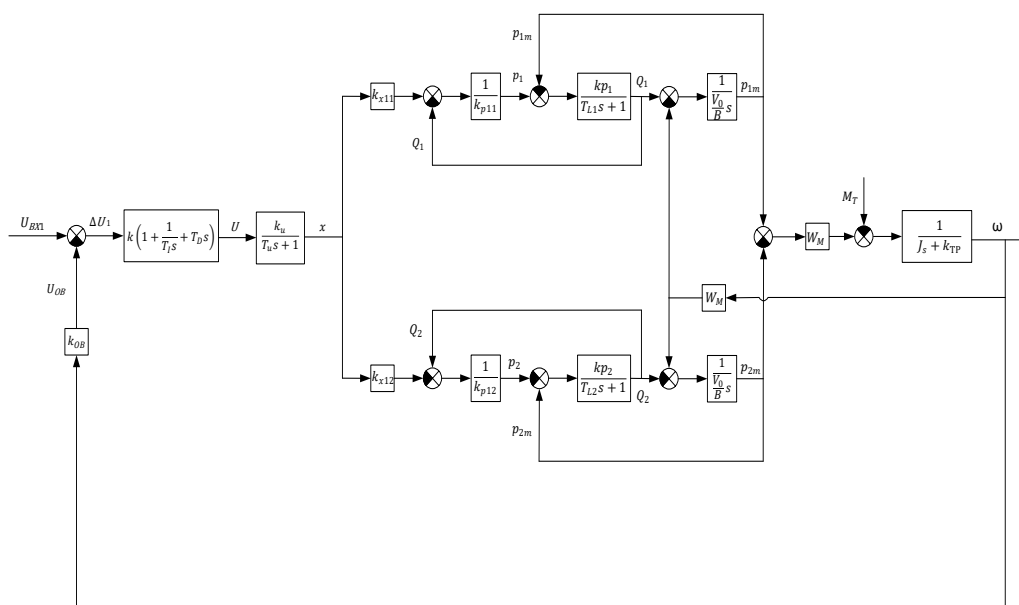
$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (18)$$

където: η, ρ – коефициент на динамичен вискозитет и плътност на работния флуид.

Системата уравнения от (1) до (18) описват работата на електрохидравличната следяща система от фиг. 1 в динамичен режим с отчитане влиянието на температурата на работния флуид.

Линеаризиран математичен модел на системата

За математичния модел, описващ динамиката на електрохидравличната следяща системата от фиг.1, след извършване на линеаризация на нелинейните уравнения при $x_1 > 0$ и $T=\text{const}$, в операторен вид се получава:



Фиг. 2. Структурна схема на системата

$$(Js + k_{TP})\omega(s) = wp_M(s) - M_T(s) \quad (19)$$

$$(T_{u1}s + 1)x_1(s) = k_{u1}U_1(s) \quad (20)$$

$$Q_1(s) = w_M\omega(s) + \frac{V_{01}}{B}sp_{1m}(s) \quad (21)$$

$$Q_2(s) = w_M\omega(s) - \frac{V_{02}}{B}sp_{2m}(s) \quad (22)$$

$$\Delta U_1(s) = U_{BX1}(s) - U_{OB1}(s) \quad (23)$$

$$U_1(s) = k\left(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s\right)\Delta U(s) \quad (24)$$

$$Q_1(s) = k_{x11}x_1(s) - k_{p11}p_1(s) \quad (25)$$

$$Q_2(s) = k_{x12}x_1(s) + k_{p12}p_2(s) \quad (26)$$

$$(T_{L1}s + 1)Q_1(s) = k_{p1}(p_1(s) - p_{1m}(s)) \quad (27)$$

$$(T_{L2}s + 1)Q_2(s) = k_{p2}(p_{2m}(s) - p_2(s)) \quad (28)$$

където:

$k_{x11}, k_{x12}, k_{p11}, k_{p12}, k_{p1}, k_{p2}, k_{x11}, k_{x12}$ – коефициенти;

T_{L1}, T_{L2} – времекопстанти,
 $T_{L1} = \frac{A_1}{A_{12}}; k_{p1} = \frac{1}{A_{12}}; A_1 = \frac{\rho L_1}{A_{T1}}; A_{12} = \frac{f_1 \rho L_1 Q_0}{d_1 A_{T1}^2};$
 $T_{L2} = \frac{A_2}{A_{22}}; k_{p2} = \frac{1}{A_{22}}; A_2 = \frac{\rho L_2}{A_{T2}}; A_{22} = \frac{f_2 \rho L_2 Q_0}{d_2 A_{T2}^2};$

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Славчев Х., Обемни хидросистеми за задвижване, Университетско издателство „Васил Априлов”, Габрово, 2002.
- [2] Cho S. H., R. Burto, Position control of high performance hydrostatic actuation system using a simple adaptive control (SAC) method. Mechatronics 2011;21:109–15.
- [3] Knezevic D., V. Savic, Mathematical Modeling of Changing of Dynamic Viscosity, as a Function of Temperature and Pressure, of Mineral Oils for Hydraulic Systems, FACTA UNIVERSITATIS, Series: Mechanical Engineering Vol. 4, No 1, 2006, pp. 27 – 34.
- [4] Gold P., A. Schmidt, H. Dicke, J.Loos, C.Assmann, Viscosity-Pressure-Temperature Behaviour of Mineral and Synthetic Oils, Journal of Synthetic Lubrication, 18-1 (2001), 51-79.

- [5] Ormandzhiev K., Transient Processes in Electro-Hydraulic Follow-up System with Long Pressure Pipelines, 30th SEM HIPNEF 2006, May 24 - 26, Vrnjacka Banja, 2006, pp. 123 – 130.
- [6] Popov G., Klimentov Kl., Kostov B., Methods to estimate the energy consumption in regulating the flow rate of pump systems, 10th Anniversary international conference an accomplishment in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, DEMI'2011. Banja Luka, May 2011.
- [7] Yordanov S., K. Ormandzhiev, G. Mihalev, K. Kostov and V. Mitev, Studing the influence of working fluid temperature on the performance of an electrohydraulic servo system in dynamic mode, International Conference AUTOMA-TICS AND INFORMATICS'2023 (ICAI'23), Varna, Bulgaria, October 05 - 07, 2023.
- [8] Watton J. The Dynamic Performance of an Electrohydraulic Servo-Valve/Motor System with Transmission Line Effects. ASME Journal of Dynamic Systems, Measurements and Control 109 (1987), pp. 14 - 18.
- [9] Wonhee Kim., Daehee Won, Donghoon Shin, Chung Choo Chung. Output feedback nonlinear control for electro-hydraulic systems. Mechatronics Volume 22, Issue 6, September 2012, Pages 766-777. <https://doi.org/10.1016/j.mechatronics.2012.03.008>
- [10] Xu B., M. Cheng, H. Yang, J. Zhang. An energy-saving hydraulic servo system with safety consideration for pipe fatigue tests. IMechE I J Syst Control Eng 2014; 228(7): 486–99.
- [11] Yao B., Bu F, J Reedy, GTC Chiu. Adaptive robust motion control of single-rod hydraulic actuators: theory and experiments. IEEE/ASME Trans Mechatron 2000;5:79–91.

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ТЕМПЕРАТУРАТА НА РАБОТНИЯ ФЛУИД ВЪРХУ ДИНАМИЧНИТЕ ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОХИДРАВЛИЧНА СЛЕДЯЩА СИСТЕМА (Част II)

Константин Илчев Делчев
Технически университет – Габрово

STUDY OF THE INFLUENCE OF WORKING FLUID TEMPERATURE ON DYNAMIC PROCESSES IN AN ELECTROHYDRAULIC TRACKING SYSTEM (Part II)

Konstantin Ilchev Delchev
Technical University of Gabrovo

Abstract

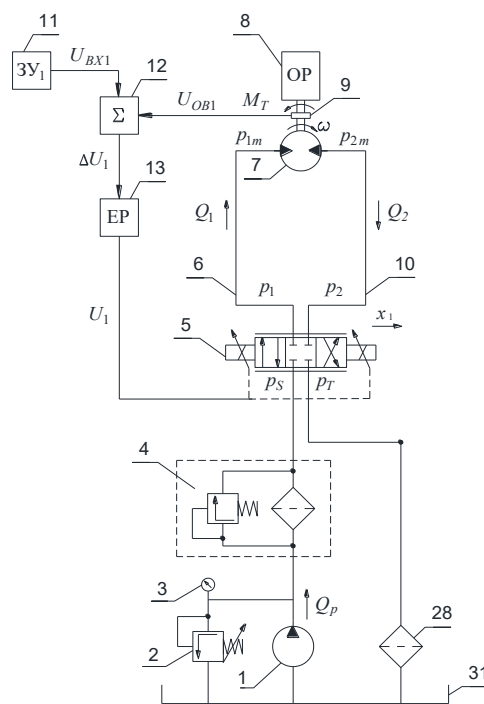
The paper discusses the operation of an electrohydraulic tracking system with a rotary actuator. A mathematical model has been developed that takes into account the influence of temperature on the parameters of the working fluid – density, dynamic viscosity, kinematic viscosity, bulk modulus. An analog model of the system has been compiled and the processes occurring at different temperatures of the working fluid have been simulated. The results are presented in graphical form.

Keywords: electrohydraulic system, automatic system, mathematical model, density, dynamic viscosity, kinematic viscosity, bulk modulus, temperature, transient processes.

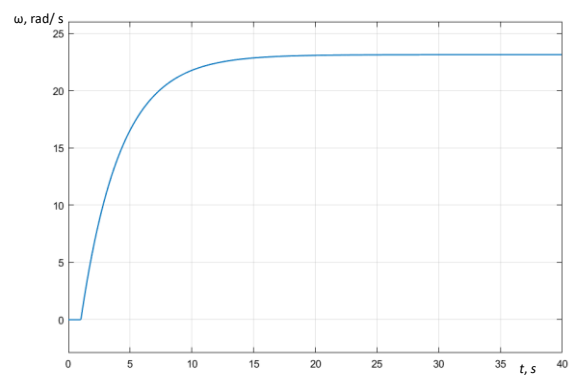
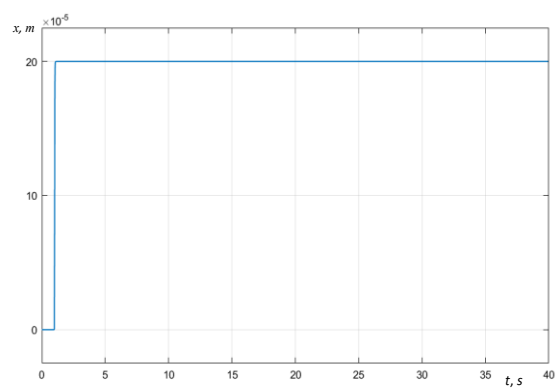
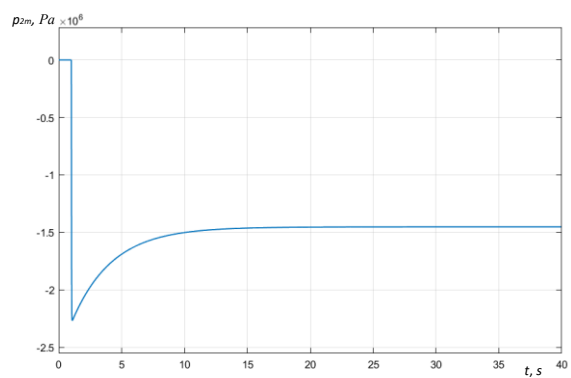
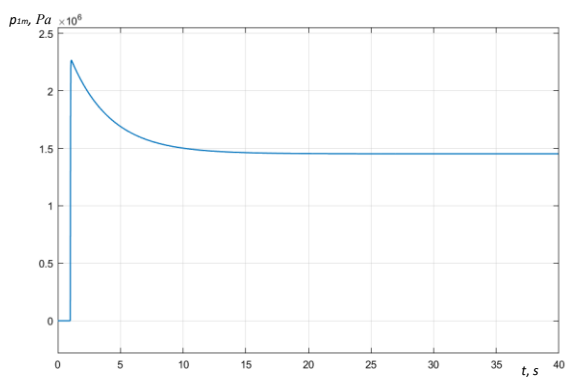
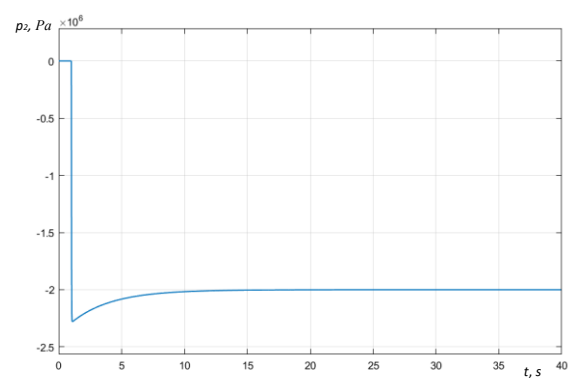
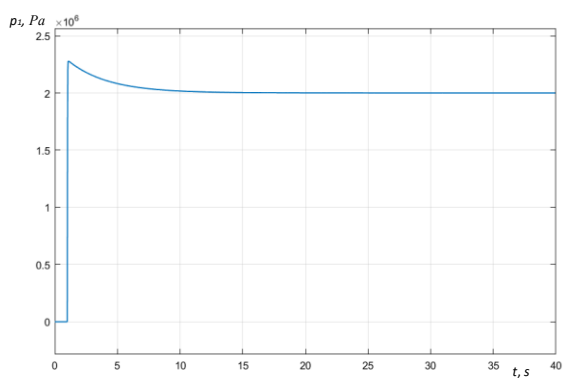
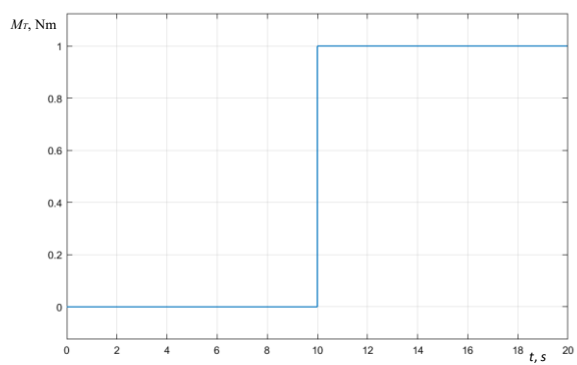
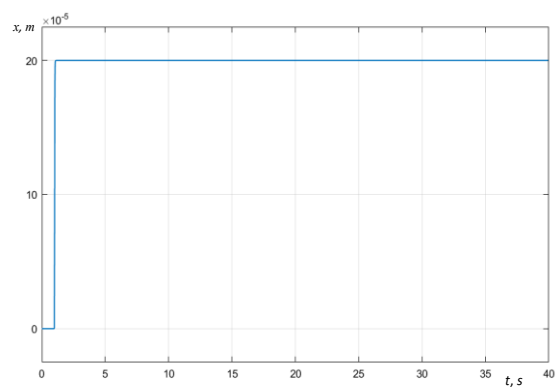
Моделиране и симулиране на системата

Схема на разглежданата електрохидравлична следяща система с ротационен изпълнителен механизъм [2] е показана на фиг. 1. Системата се състои от следните елементи: 1 – зъбна помпа; 2 – предпазен клапан; 3 – манометър; 4 – филтър за високо налягане с вграден предпазен клапан; 5 – пропорционален разпределител; 6, 10 – нагнетателни тръбопроводи; 7 – хидромотор; 8 – обект на регулиране; 9 – сензор за ъглова скорост; 11 – задаващо устройство, $3U_1$; 12 – сумиращо устройство; 13 – електронен регулатор, EP; 28 – филтър за ниско налягане; 31 – резервоар.

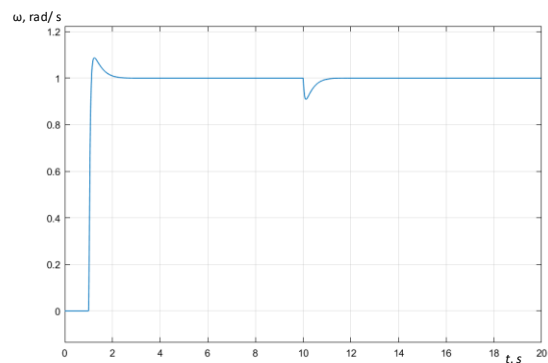
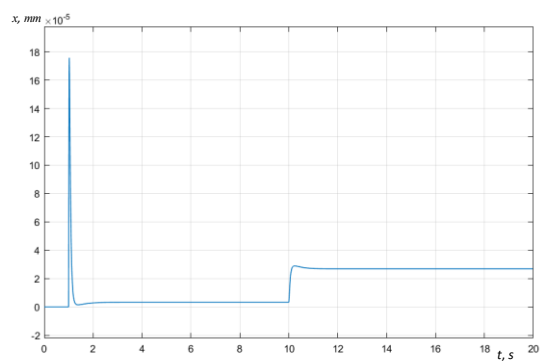
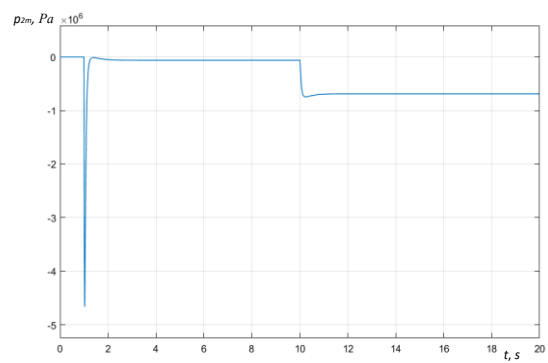
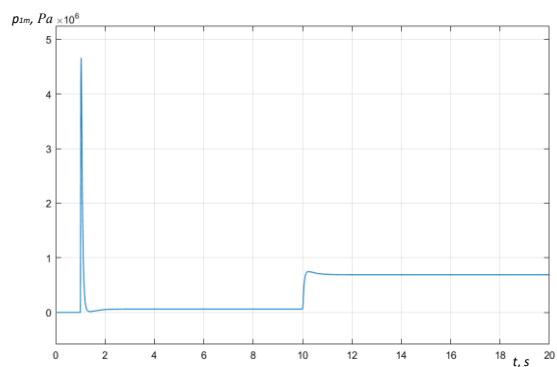
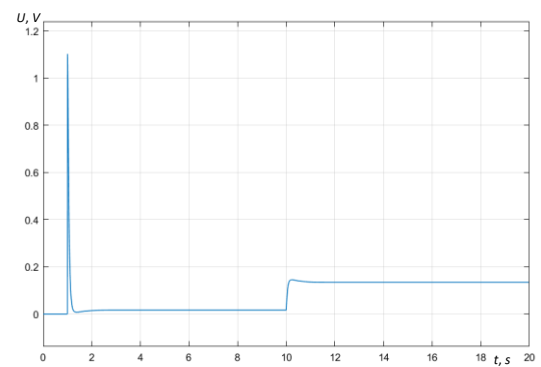
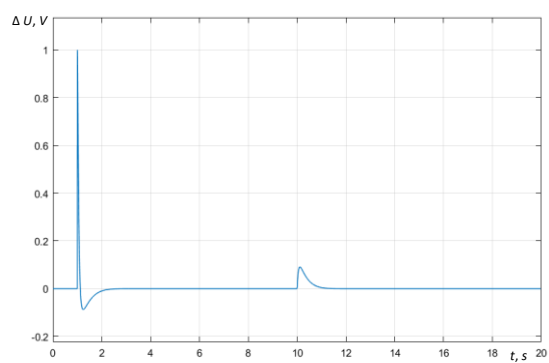
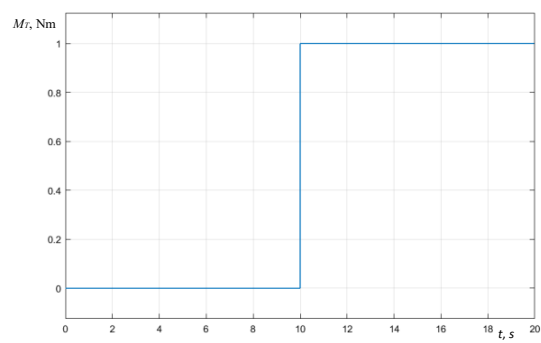
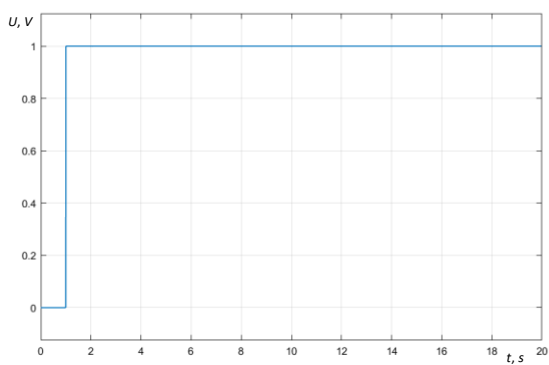
На база на разработения математичен модел, описващ динамиката на електрохидравличната следяща система и съответстващата структурна схема е съставен аналогов модел на системата, който е реа-



Фиг. 1. Схема на електрохидравличната следяща система

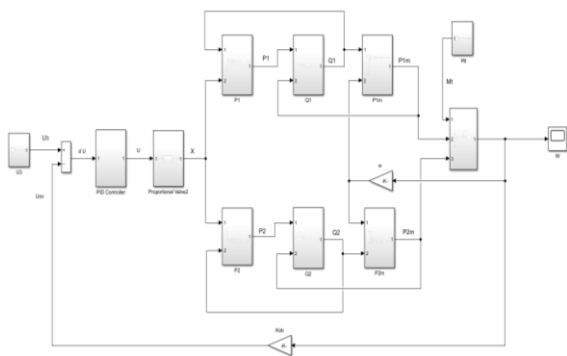


Фиг. 3. Преходни процеси в отворената EXCC
при $T=10^{\circ}C$; $p_s=6 \times 10^6 Pa$; $n_0=600 min^{-1}$; $L_1=1.5 m$.



Фиг. 4. Преходни процеси в затворената EXCC с ПИД регулатор

при $T_I = 3s$; $T_D = 0,02s$; $k = 1$; $k_{OB} = 1Vs/rad$; $T = 10^\circ C$; $p_s = 6 \times 10^6 Pa$; $n_0 = 600 min^{-1}$; $L_1 = 1.5 m$.



Фиг. 2. Структурна схема на системата

лизиран на *Matlab Simulink* – фиг. 2.

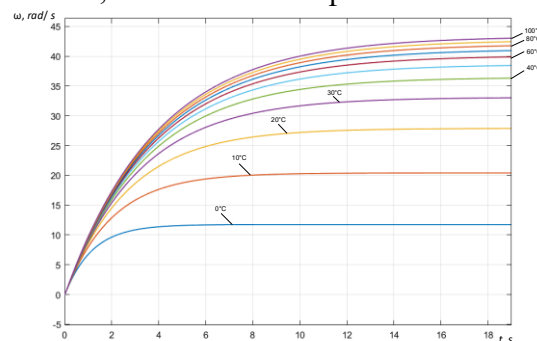
Разработена е програма на *Matlab*, с която се извършват предварителни пресмятания на част от параметрите на системата. Входни величини са температура на работния флуид T и дължини на тръбопроводите L_1 и L_2 . За определяне на режима на течението се изчислява стойността на критерия на Рейнолдс, в резултат на което се определят: коефициентите на линейни съпротивления f_1 и f_2 ; модула на обемна еластичност B ; динамичния вискозитет η ; плътността ρ ; средните скорости c_{10} и c_{20} ; Пресмятат се ω_0 , Q_0 , T_{L1} , T_{L2} , k_{p1} , k_{p2} , k_{p11} , k_{p12} , k_{x11} , k_{x12} , A_{T1} , A_1 , B_1 , x_0 , p_{1M0} , p_{2M0} .

Изчислените величини са дефинирани като глобални променливи и се зареждат автоматично в аналоговия модел. След това се стартира симулация на аналоговия модел на системата в *Matlab Simulink*.

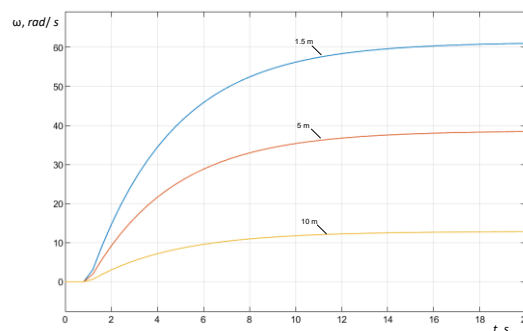
На фиг. 3 са показани протичащите преходни процеси по задание и смущение в отворената електрохидравлична система при $T = 10^\circ\text{C}$; $p_s = 6 \times 10^6 \text{ Pa}$; $n_0 = 600 \text{ min}^{-1}$; $L_1 = 1.5 \text{ m}$, а на фиг. 4 – преходните процеси в затворената система $T_I = 3 \text{ s}$; $T_D = 0.02 \text{ s}$; $k = 1$; $k_{OV} = 1 \text{ V/s/rad}$; $T = 10^\circ\text{C}$; $p_s = 6 \times 10^6 \text{ Pa}$; $n_0 = 600 \text{ min}^{-1}$; $L_1 = 1.5 \text{ m}$.

На фиг. 5. са представени преходни процеси в отворената EXCC при различни температури на работния флуид и дължини на нагнетателните тръбопроводи $L = 5 \text{ m}$.

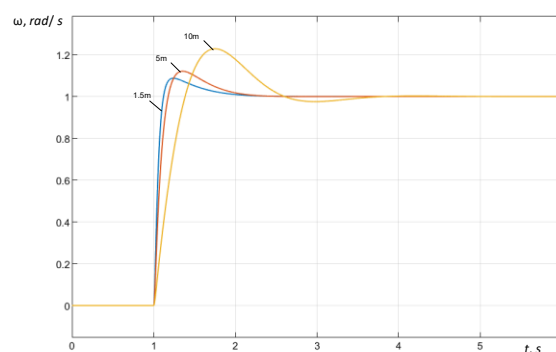
Преходни процеси в отворена EXCC при три дължини на тръбопроводите $L_1 = (1.5; 5; 10) \text{ m}$ и температура на работния флуид $T = 50^\circ\text{C}$, са показани на фиг. 6.



Фиг. 5. Преходни процеси в отворена EXCC при различни температури на работния флуид и дължини на нагнетателните тръбопроводи $L = 5 \text{ m}$



Фиг. 6. Преходни процеси в отворена EXCC при различни дължини на тръбопроводите и температура на работния флуид 50°C

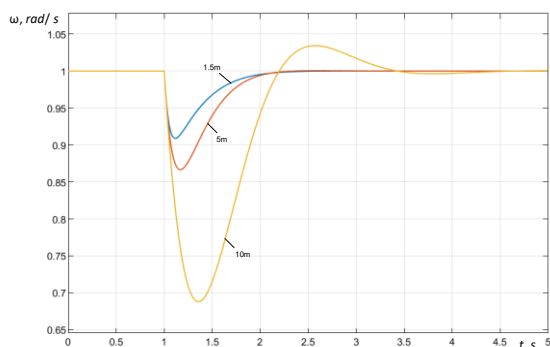


Фиг. 7 Преходни процеси в затворената EXCC по задание при $T_I = 0.333 \text{ s}$; $T_D = 0.15 \text{ s}$; $k = 1$; $k_{OV} = 1 \text{ V/m}$; $T = 50^\circ\text{C}$

На фиг. 7 са представени преходни процеси в затворената EXCC по задание при

температура на работния флуид $T = 50^{\circ}\text{C}$ и три дължини на тръбопроводите $L_1=(1.5; 5; 10) \text{ m}$. Параметрите на ПИД регулатора са $T_I = 0,333\text{s}$; $T_D = 0.15\text{s}$; $k=1$; $k_{OB}=1\text{Vs/rad}$;

На фиг. 8 са представени преходни процеси в затворената ЕХСС по смущение при температура на работния флуид $T = 50^{\circ}\text{C}$ и три дължини на тръбопроводите $L_1=(1.5; 5; 10) \text{ m}$. Параметрите на ПИД регулатора са $T_I = 0,333\text{s}$; $T_D = 0.15\text{s}$; $k=1$; $k_{OB}=1\text{Vs/rad}$;



Фиг. 8 Преходни процеси в затворената ЕХСС с по смущение при $T_I = 0,333\text{s}$; $T_D = 0.15\text{s}$; $k=1$; $k_{OB}=1\text{Vs/rad}$; $T = 50^{\circ}\text{C}$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чрез разработения математичен модел могат да бъдат изследвани протичащите динамични процеси в електрохидравлична следяща система (фиг. 1) с отчитане влиянието на температурата на работния флуид.

След преобразуване на математичния модел е съставен аналогов модел на системата, на базата на който са извършени симулации при различни режими на работа, различни температури на работния флуид и различни дължини на нагнетателните тръбопроводи.

За по-добро съвпадение на числените и реалните процеси е необходимо предварително да бъдат определени експерименталните зависимости като функция на температурата на работния флуид на следните параметри: плътност, динамичен вискозитет, кинематичен вискозитет, модул на обемна еластичност и коефициент на хидравлично триене.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Славчев Х., Обемни хидросистеми за задвижване, Университетско издателство „Васил Априлов”, Габрово, 2002.
- [2] Делчев К., Изследване влиянието на температурата на работния флуид върху динамичните процеси в електрохидравлична следяща система – Част I, X-та Национална научна конференция TechCo-26, 26 юни 2026, Ловеч. (за печат)
- [3] Cho S. H., R. Burto, Position control of high performance hydrostatic actuation system using a simple adaptive control (SAC) method. *Mechatronics* 2011;21:109–15.
- [4] Knezevic D., V. Savic, Mathematical Modeling of Changing of Dynamic Viscosity, as a Function of Temperature and Pressure, of Mineral Oils for Hydraulic Systems, *FACTA UNIVERSITATIS, Series: Mechanical Engineering* Vol. 4, No 1, 2006, pp. 27 – 34.
- [5] Gold P., A. Schmidt, H. Dicke, J.Loos, C.Assmann, Viscosity-Pressure-Temperature Behaviour of Mineral and Synthetic Oils, *Journal of Synthetic Lubrication*, 18-1 (2001), 51-79.
- [6] Ormandzhiev K., Transient Processes in Electro-Hydraulic Follow-up System with Long Pressure Pipelines, 30th SEM HIPNEF 2006, May 24 - 26, Vrnjacka Banja, 2006, pp. 123 – 130.
- [7] Popov G., Klimentov Kl., Kostov B., Methods to estimate the energy consumption in regulating the flow rate of pump systems, 10th Anniversary international conference an accomplishment in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology, DEMI'2011. Banja Luka, May 2011.
- [8] Yordanov S., K. Ormandzhiev, G. Mihalev, K. Kostov and V. Mitev, Studing the influence of working fluid temperature on the performance of an electrohydraulic servo system in dynamic mode, International Conference AUTOMA-TICS AND INFORMATICS'2023 (ICAI'23), Varna, Bulgaria, October 05 - 07, 2023.
- [9] Watton J. The Dynamic Performance of an Electrohydraulic Servo-Valve/Motor System with Transmission Line Effects. *ASME Journal of Dynamic Systems, Measurements and Control* 109 (1987), pp. 14 - 18.

**ОБЗОРЕН АНАЛИЗ НА УЯЗВИМОСТИТЕ НА GNSS:
ЗАГЛУШАВАНЕ, ПОДПРАВЯНЕ И МЕРКИ ЗА ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ****Елисавета Стоянова***Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“,***REVIEW OF GNSS VULNERABILITIES:
JAMMING, SPOOFING, AND COUNTERMEASURES****Elisaveta Stoyanova***Todor Kableshkov University of Transport***Abstract**

This paper presents a review of the vulnerabilities of global navigation satellite systems (GNSS) to intentional electromagnetic interference. The aim is to systematise current knowledge on GNSS threats and the available countermeasures. Following an overview of the fundamental characteristics of GNSS signals and the factors underlying their susceptibility, the methodology proceeds with a structured classification of jamming and spoofing threats, an examination of documented real-world incidents — ranging from localised airport disruptions to large-scale campaigns affecting aviation and maritime transport across the Baltic Sea, the Eastern Mediterranean and the Black Sea — and a review of simulation studies demonstrating the practical feasibility of such attacks. The main result is a four-tier systematisation of contemporary countermeasures: controlled-reception-pattern antennas (CRPA), pre-correlation processing, post-correlation integrity monitoring (RAIM) integrated with inertial navigation systems (INS) and machine-learning methods, together with cryptographic protection through Galileo OSNMA, operational since July 2025. The study concludes that a multi-layered approach is required to enhance GNSS resilience. Its scope is limited to a literature-based review rather than original field measurements. The originality of the work lies in integrating the newly operational OSNMA service into a unified resilience framework relevant to both professional and mass-market receivers.

Keywords: GNSS; jamming; spoofing; OSNMA; CRPA; RAIM; signal vulnerability; interference mitigation; machine learning.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Глобалните навигационни спътникови системи (GNSS) осигуряват услуги за позициониране, навигация и времева синхронизация (PNT), върху които се основават авиацията, морският транспорт, синхронизацията на телекомуникационните мрежи, времевото маркиране на финансовите транзакции и управлението на електроенергийните мрежи [1]. Четири основни спътникови групировки — GPS (Global Positioning System, САЩ), GLONASS (Глобалная навигационная спутниковая система, Русия), Galileo (ЕС) и BeiDou (Китай) — разполагат с над 100 оперативни спътника, допълнени от регионалните системи QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) и NavIC (Navigation with Indian

Constellation), както и от системите за диференциално и регионално разширено обслужване WAAS (Wide Area Augmentation System), EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System) и GAGAN (GPS Aided GEO Augmented Navigation) [2]. Към 2025 г. повече от четири милиарда потребители ползват услугите на Galileo [3], а зависимостта на критичната инфраструктура от GNSS непрекъснато нараства.

Въпреки повсеместното разпространение, GNSS сигналите достигат земната повърхност с мощност от порядъка на -130 dBm. При типична лента на приемника от 2 MHz интегрираната мощност

на термичния шум възлиза на около -111 dBm, вследствие на което полезният сигнал се оказва приблизително 20 dB под шумовото ниво [4]. Тази принципна слабост прави приемниците уязвими дори към маломощни локални източници на смущения. Заглушаването предизвиква отказ на услугата — приемникът губи решението за позиция, скорост и време (PVT), като аномалията се открива сравнително лесно. Подправянето обаче е значително по-опасно, тъй като предоставя неверни координати или времеви данни, без приемникът да разпознае измамата [4, 5].

Редица документирани инциденти илюстрират тежестта на тези заплахи. На летище Нюарк Либърти персонално устройство за заглушаване (PPD) на стойност около 100 долара многократно са извеждали от действие сертифицираната наземна система за диференциално подобряване GBAS (Ground-Based Augmentation System), като последващ мониторинг е установил средно пет инцидента на ден [4, 6]. През 2013 г. изследователи от Университета на Тексас успешно са манипулирали GPS навигацията на яхта на стойност 80 млн. долара в Средиземно море, отклонявайки я от курса без задействане на каквато и да е аларма [7, 8]. През 2011 г. иранските въоръжени сили са принудили към кацане безпилотния летателен апарат RQ-170 Sentinel посредством подправяне на GPS сигнала [4, 9]. Севернокорейски кампании за заглушаване са засегнали над 1000 самолета и 250 кораба в продължение на 16 дни [4, 10].

През последните години мащабът на смущенията нарасна рязко. От началото на 2022 г. Европейската агенция за авиационна безопасност (EASA) регистрира значително увеличение на заглушаването и подправянето в районите на Балтийско море, Източното Средиземноморие, Черноморския басейн и Арктика [11]. По данни на ICAO (Международна

организация за гражданско въздухоплаване) делът на засегнатите полети в определени информационни райони за полети (FIR) е нараснал от около 7,5 % през май 2024 г. до 27,4 % през април 2025 г. [12]. Литва е регистрирала над 1000 случая на смущения само през юни 2025 г. — 22 пъти повече в сравнение със същия месец на 2024 г. [13]. Тези тенденции подчертават актуалността и необходимостта от систематичен обзор на уязвимостите и съвременните мерки за противодействие.

Настоящата статия систематизира съвременните познания за уязвимостите на GNSS. След преглед на основните характеристики на сигналите и факторите за уязвимост (раздел II) се извършва класификация на заплахите (раздел III). Следва обзор на документиран инциденти и симулационни изследвания (раздел IV), анализ на мерките за противодействие (раздел V) и заключение с насоки за бъдещи изследвания (раздел VI).

II. ОСНОВИ НА GNSS СИГНАЛИТЕ И ФАКТОРИ ЗА УЯЗВИМОСТ

GNSS спътниците излъчват сигнали в L-обхвата (1,1–1,6 GHz), изградени от носеща честота (PRN) и навигационно съобщение, съдържащо ефемеридни и корекционни параметри. Позиционирането се основава на трилатерация: четири или повече измерени псевдоразстояния позволяват определяне на координатите на приемника и отклонението на неговия часовник [1, 14]. GPS функционира на височина 20 180 km с най-малко 24 спътника в шест орбитални равнини при наклон 55° и орбитален период 11 ч 58 мин; GLONASS — на 19 130 km с 24 спътника при наклон $64,8^\circ$; Galileo — на 23 222 km с 27 спътника при 56° и период 14 ч 05 мин; BeiDou обединява 27 спътника на средна околоземна орбита (MEO), 3 на наклонена геосинхронна орбита (IGSO) и 5 геостационарни (GEO) [2]. GPS, Galileo и BeiDou използ-

ват множествен достъп с кодово разделяне (CDMA), а GLONASS преминава от честотно разделяне (FDMA) към CDMA.

Galileo излъчва в четири честотни обхвата — E1 (1575,42 MHz), E5a (1176,45 MHz), E5b (1207,14 MHz) и E6 (1278,75 MHz) — с модуляции CBOC (Composite Binary Offset Carrier, 6,1,1/11) и AltBOC (Alternative Binary Offset Carrier, 15,10), осигуряващи висока точност и повишена устойчивост към смущения. Системата предоставя и криптографски защитената обществена регулирана услуга (PRS) за правителствени потребители, както и механизма за удостоверяване на навигационното съобщение OSNMA, предназначен за гражданска защита срещу подправяне [2].

Основните източници на грешки обхващат йоносферно забавяне (зависещо от честотата и отстранимо чрез двучестотни приемници или модели от типа Klobuchar/NeQuick), тропосферно забавяне, остатъчни грешки на спътниковия часовник, многолъчево разпространение и приемане по непряк път — NLOS (Non-Line-of-Sight) [1, 15]. Геометричният коефициент на влошаване на точността (GDOP) отразява нарастването на грешките вследствие на пространственото разпределение на спътниците. Критичната уязвимост произтича от изключително ниската мощност на приетия сигнал: chirp-заглушител с мощност от едва 10 mW може да наруши приемането на GNSS на разстояние от стотици метри [4, 16].

III. КЛАСИФИКАЦИЯ НА ЗАПЛАХИТЕ

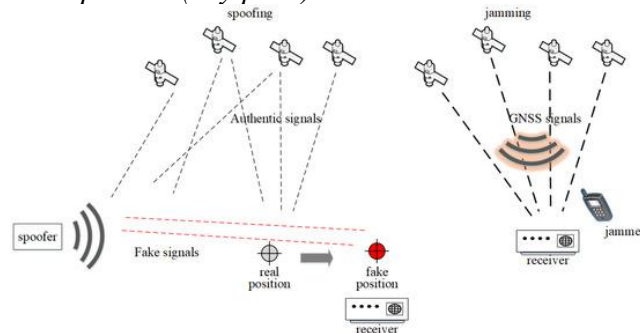
Заглушаване

Заглушаването представлява умишлено излъчване на електромагнитна енергия с цел нарушаване на приемането на GNSS сигнали, т.е. атака от вида „отказ на услугата“ [4, 17]. Най-разпространеният тип търговски заглу-

шители излъчват chirp сигнали — тонове с линейно изменяща се честота, които съчетават широколентово спектрално запълване с концентрирана енергия [4, 16]. За разлика от импулсните заглушители (чието въздействие може да бъде потиснато чрез гасене) и от заглушителите с непрекъснат тон — CW (Continuous Wave), подлежащи на неутрализиране с режекторни филтри, характеристиките на chirp сигнала се изменят непредвидимо поради нагряване и стареене на електронните компоненти [4]. Търговски достъпните устройства варират от едноканални PPD модули с размери 7–10 cm, захранвани от автомобилна запалка, с цена от 3 до 30 долара и ефективен радиус 5–15 m, до многоканални преносими заглушители, покриващи едновременно GPS L1/L2/L5, GLONASS, GSM и WiFi, с изходна мощност над +33 dBm и цена около 170 евро [4, 18].

Принципите на заглушаването и подправянето на GNSS сигнали са онагледени на Фигура 1.

Подправяне (спуфинг)

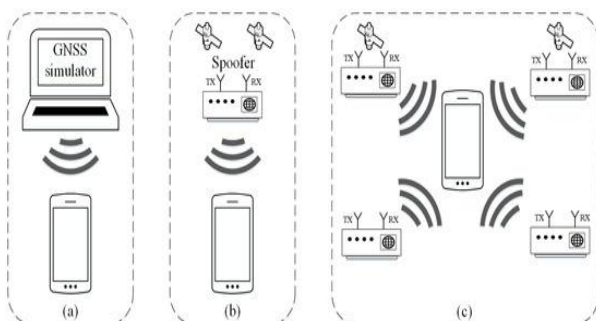


Фиг. 1. Принципи на заглушаването и подправянето на GNSS сигнали (по Radoš и др. [19])

Подправянето представлява излъчване на фалшиви GNSS сигнали с цел налагане на невярно PVT решение. Humphreys и др. [5] разграничават три категории по степен на сложност. При опростеното подправяне се използва GNSS симулатор за генериране на фал-

шив сигнал; тази атака е сравнително лесна за разкриване поради скокообразните промени на псевдоразстоянието, на отношението носеща-шум (C/N_0) и на доплеровото отместване. При междинното подправяне (receiver-based) атакующият първо засича действителното PVT решение, генерира точно съответстващи сигнали и постепенно превзема следящите контури на приемника. Условно подправяне използва множество антени, за да емулира пространственото разпределение на автентичните сигнали, което затруднява разкриването посредством антенни решетки [5]. Като самостоятелна категория се разглежда т.нар. „мийконинг“ (meaconing) — запис и преизлъчване на автентични сигнали с определено закъснение; тази техника е в състояние да измами дори приемници, обработващи криптирани военни сигнали [4].

Сравнение на трите типа подправяне по степен на сложност е представено на Фигура 2.



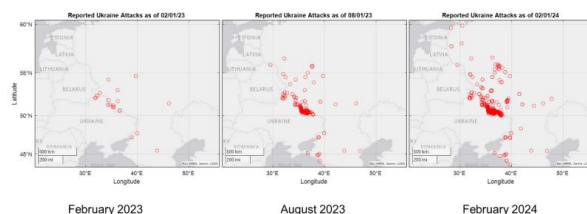
Фиг. 2. Типове подправяне: (a) опростено, (b) междинно, (c) усложнено (по Radoš и др. [19])

IV. ДОКУМЕНТИРАНИ ИНЦИДЕНТИ И СИМУЛАЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Реални инциденти

Масщабът на GNSS смущенията нарасна рязко след 2022 г. вследствие на регионални военни конфликти. Изследователи от Станфордския университет

анализираха данни от системата за автоматично зависимо наблюдение (ADS-B) и установиха множество зони на устойчиво подправяне, извършвано на територията на Русия — в района на Смоленск, където въздухоплавателните средства биваха насочвани по кръгова траектория, и в Черно море, където подправените позиции сочеха летище в Крим [20]. Географското разпределение на регистрираните смущения е онагледено на Фигура 3. В Източното Средиземноморие през април 2024 г. бяха засегнати едновременно 117 кораба, чиито навигационни системи показваха позиция на летище Бейрут, а към юни 2025 г. над 3000 съда бяха засегнати в Персийския залив за по-малко от две седмици [21]. Съвместно изследване на GPSpatron и Морския университет в Гдиня регистрира 84 часа смущения в Балтийско море за периода юни–ноември 2024 г., като преобладаваше заглушаването, а през октомври бяха отчетени нови многотонални техники [22]. На Балканите София (FIR LBSR) също попада сред засегнатите информационни райони за полети [12].

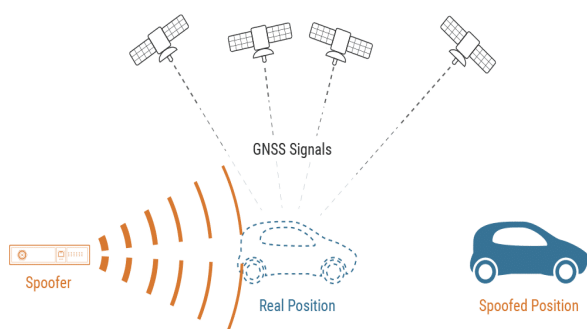


Фиг. 3. Географско разпределение на GNSS смущенията в Русия през 2023–2024 г. по данни от ADS-B (по Lo и др. [20])

Симулационни изследвания

Контролираните симулации позволяват систематична оценка на уязвимостите при повторими условия. С помощта на платформата Skydel и синхронизирани софтуерно дефинирани радиосистеми (SDR) USRP X300 (Universal Software Radio Peripheral) Safran [9] демонстрира атака с подправяне срещу сухопътно превозно средство, при която приемникът плавно преминава от следене на автентични към следене на фалшиви си-

гнали, без да генерира каквато и да е аларма, дори в многосистемен режим. Резултатите от симулацията са показани на Фигура 4. В друг сценарий, реализиран със симулатора GSG-8, е показана координирана атака от типа „заглушаване, последвано от подправяне“: заглушителят първо прекъсва приемането, след което устройството за подправяне превзема приемника и го насочва по зададена фалшива траектория [23]. Тези резултати потвърждават, че стандартните многосистемни приемници не притежават вградена защита срещу целенасочени атаки.



Фиг. 4. Подправяне на превозно средство: двумерна позиционна грешка спрямо истинска и спрямо подправена позиция (по Safran [9])

Годишните полеви изпитания Jammertest в Норвегия, провеждани на отдалечения остров Андьоа под ръководството на норвежките власти, осигуряват рядка възможност за тестване при реални условия на електромагнитни смущения. Резултатите от изданията през 2023 и 2024 г. потвърдиха, че ефективността на защитата зависи на първо място от технологиите, вградени в самия приемник, докато антенните решения изпълняват допълваща роля; най-надеждната защита срещу подправяне се постига чрез едновременното прилагане на множество механизми за противодействие [24, 25].

V. МЕРКИ ЗА ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ

Съвременните мерки за противодействие функционират на няколко равнища и могат да бъдат систематизирани в четири основни групи: антенни, предкор-

релационни, следкорелационни и системно-криптографски.

Антенно равнище

Антенните решетки с контролирана диаграма на насоченост (CRPA) формират адаптивен лъч, насочен към спътниците, и същевременно създават нулиращи зони в посоката на заглушителите, като оценяват ъгъла на пристигане (DoA) както на полезните, така и на смущаващите сигнали [26, 27]. CRPA системите противодействат и на подправяне, тъй като разпознават сигнали, пристигащи от едно и също направление — характерен белег за фалшификация от единствен точков източник [19]. Броят на антенните елементи определя капацитета за потискане: системи с 4, 8 или 16 елемента осигуряват нарастваща ефективност при наличие на множество заглушители [28]. Търговски достъпни CRPA решения, като NovAtel GANT, вече намират приложение в морския сектор и в обектите на критичната инфраструктура [29].

Предкорелационна обработка

На равнището на предкорелационна обработка се прилагат мониторинг на автоматичното регулиране на усилването (AGC) и статистически тестове за откриване на аномална входна мощност. Импулсното гасене (pulse blanking) отстранява кратковременни смущения, а адаптивното филтриране в честотната област (FDAF) посредством бърза трансформация на Фурие (FFT) неутрализира теснолентови сигнали [4, 23].

Следкорелационна обработка и мониторинг на целостта

Автономният мониторинг на целостта на приемника (RAIM) осигурява верификация на вътрешната съгласуваност на измерванията. Кръстосаните проверки между кодови и фазови измервания, мониторингът на отношението C/N₀ и откриването на корелирано доплерово отместване (характерен признак за единичен излъчвател) допълнително допринасят за разкриване на подправяне [5, 30, 31, 32]. Интеграцията с инерциални навигационни системи (INS) осигурява

допълнителна защита, тъй като инерциалните сензори са нечувствителни към радиочестотни смущения [32].

Методи на машинно обучение

През последните години нараства интересът към прилагането на алгоритми за машинно обучение и дълбоко обучение с цел разкриване на заглушаване и подправяне. Radoš и др. [19] представят систематичен обзор, според който класификатори като логистична регресия, метод на опорните вектори (SVM) и метод на k-най-близките съседи (KNN) постигат точност над 94 % при разпознаване на подправяне, а в определени сценарии — над 99 %. Borhani-Darian и др. [33] предлагат подход, основан на дълбоко обучение, съчетаващ невронна мрежа с алгоритъм за клъстеризация, който превъзхожда съществуващите методи при умерени и високи стойности на отношението сигнал-шум. Asgari и др. [34] показват, че логистичната регресия достига F1-оценка от 94 % при едва два входни параметъра от следящия контур, което я прави приложима за устройства с ограничени изчислителни ресурси. Тези методи са особено обещаващи за масовия пазар, тъй като не изискват допълнителен хардуерен компонент. Сравнение на точността на разгледаните методи е показано на Таблица 1.

Таблица 1. Сравнение на точността на методи за машинно обучение при разкриване на подправяне (no Radoš и др. [19])

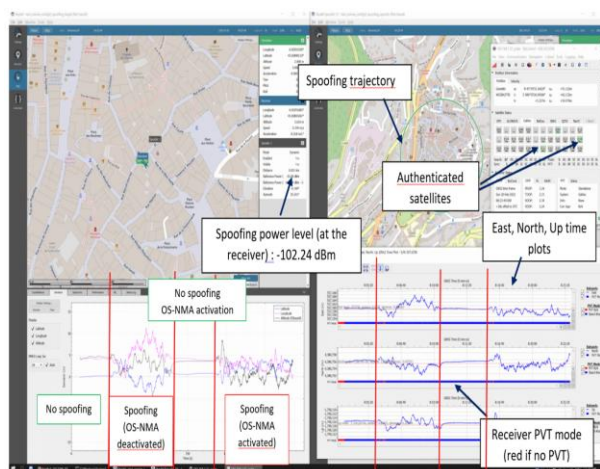
ML/DL Method	Features/Parameters	Accuracy in %	Reference	Interference
SVM, NN	average power, correlation distortion	98.28	[40]	spoofing
KNN	phase difference	95 for delay greater than 0.4 chip	[37]	spoofing
GMS	phase difference, correlation peaks	98	[38]	spoofing
Kernel Naive Bayes, Decision Trees	average power, correlation distortion	83.75	[44]	jamming & spoofing
Decision Trees	C/N ₀	greater than 95 dB, for C/N ₀ between 40 dBHz and 50 dBHz	[42]	spoofing
SVM (radial basis function)	C/N ₀	97.8	[43]	spoofing
SVM	correlation function, C/N ₀ , pseudorange Doppler consistency, PVT solving residuals, clock difference, clock drift	97.24	[44]	spoofing
C-SVM	lock time, pseudoranges, C/N ₀ , carrier Doppler frequency	98.77	[45]	spoofing
XGBoost	C/N ₀ , pseudoranges, carrier phase, receiver time, prompt, early and late correlator	95.52	[46]	spoofing
Na-SVM	C/N ₀ , pseudoranges, carrier phase, carrier Doppler, receiver time, early and late correlator	92.78	[46]	spoofing
ModelNet V2 CNN	power level on scalogram images	99.88	[47]	jamming
Deep neural network	correlation function, C/N ₀	not applicable	[48]	spoofing
Multi-Layer Perceptron (MLP) neural network	Q-channel SDR metric, C/N ₀ , early-late phase metric	82	[49]	spoofing
SVM	C/N ₀ , carrier phase, carrier Doppler	99.7	[50]	spoofing
SVM, CNN	70% of the strongest features used	94.98 and 91.36	[49]	jamming
Long Short-Term Memory (LSTM), CNN	phase, energy and correlation distribution function	99.32/47	[50]	spoofing
	signal to noise ratio, correlation function	100	[51]	spoofing
Tree SVM algorithm (TWSVM)	C/N ₀ , correlator output, correlator output power	100	[44]	different types of interference
CNN	13 different structure parameters	100	[52]	jamming
MLP	14 different features	98.9	[53]	jamming
Distance Measuring Equipment (DME)	6 different features	over 99	[57]	jamming
CNN with SVM and LR	ImageNet dataset	98	[58]	jamming

Криптографска защита: Galileo OSNMA

Механизмът за удостоверяване на навигационното съобщение в отворената услуга (OSNMA) представлява основополагаща системна мярка за противодействие. OSNMA е вграден в навигационното съобщение I/NAV, излъчвано на честота E1-B, и позволява на приемниците да удостоверят, че получените данни действително произхождат от системата Galileo и не са фалшифицирани [35]. Механизмът се основава на протокола TESLA (Timed Efficient Stream Loss-tolerant Authentication — времево ефективно удостоверяване на поток, устойчиво на загуби) за отложено разкриване на ключове и на цифрови подписи. След период на публично наблюдение, започнал през ноември 2021 г., OSNMA премина в оперативна експлоатация на 24 юли 2025 г., с което Galileo стана първата GNSS, предлагаща глобално удостоверяване на навигационното съобщение в рамките на своята отворена услуга [36, 37, 3]. Сред първите регулаторни приложения е интелигентният тахограф (версия 2), задължителен за всички товарни автомобили в ЕС от декември 2025 г. [38]. Международната организация за гражданско въздухоплаване (ICAO) е инициирала процеса по стандартизация на OSNMA за бъдещата гражданска авиация [38]. Предвидено е допълнително разширяване чрез услугата за удостоверяване на сигнала (SAS) посредством криптирана честота на E6C, считано от 2027 г. [38].

Ефективността на OSNMA при реално подправяне е онагледена на Фигура 5. Симулационни тестове потвърждават, че при контролирани условия приемници с активирано удостоверяване успешно разкриват и отхвърлят подправени сигнали, които безпроблемно заблуждават стандартни приемници без защита [39]. Многопластовата стратегия, съчетаваща CRPA, вътрешни алгоритми на приемника, INS, методи на машинно обучение

и криптографско удостоверяване чрез Galileo OSNMA и PRS, осигурява най-висока степен на устойчивост.



Фиг. 5. Тест на OSNMA: позиция при подправяне и след активиране на удостоверяването (no Safran [39])

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящият обзор показва, че подправянето и заглушаването на GNSS са преминали от теоретична заплаха към реален глобален проблем, засягащ ежедневно стотици полети и хиляди морски съдове. Документираните инциденти от Балтийско море, Източното Средиземноморие и Черно море потвърждават, че стандартните многосистемни приемници не притежават вградена защита и че мащабът на смущенията трайно нараства.

Сред разгледаните мерки за противодействие навлизането в оперативна експлоатация на Galileo OSNMA през юли 2025 г. представлява ключов напредък — за първи път GNSS предлага глобално удостоверяване на навигационното съобщение в рамките на отворената услуга, приложимо както за професионални, така и за масови приемници. Същевременно OSNMA удостоверява единствено навигационните данни, но не и далекомерния сигнал, което открива пространство за допълнително подобрене чрез бъдещата услуга SAS.

Бъдещите изследвания следва да се насочат към ускорено внедряване на OSNMA в масовите приемници, към разработване на алгоритми за машинно обучение, приложими в устройства с ограничени изчислителни ресурси, както и към интегрирани подходи, съчетаващи антени, обработващи и криптографски механизми. Необходима е и по-тясна координация между авиационния, морския и телекомуникационния сектор с оглед изграждане на цялостна устойчивост на PNT инфраструктурата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sanz Subirana J. et al. GNSS Data Processing, Vol. 1. ESA TM-23/1, 2013.
- [2] Sanz Subirana J. et al. GNSS Architecture. gAGE/UPC, BarcelonaTECH.
- [3] EUSPA. From Testing to Operations: Galileo OSNMA Service Now Available. 5 Sept. 2025.
- [4] Rügamer A., Kowalewski D. Jamming and Spoofing of GNSS Signals. FIG Working Week 2015, Sofia.
- [5] Humphreys T.E. et al. Assessing the Spoofing Threat. Proc. ION GNSS 2008.
- [6] CNET. Truck driver has GPS jammer, accidentally jams Newark airport. [Online].
- [7] Shepard D.P. et al. Smart Grid and UAV Vulnerability. Proc. ION GNSS 2012.
- [8] Shepard D.P. et al. Drone Hack. GPS World 2012;23(8):30–33.
- [9] Safran. Vehicle Spoofing with Skydel. Application Note, 2021.
- [10] Seo J., Kim M. Loran in Korea. ENC 2013, Vienna.
- [11] EASA. Global Navigation Satellite System (GNSS) Outages and Alterations. SIB 2022-02R3, 2024.
- [12] ICAO Assembly 42nd Session. GNSS RFI in Baltic, Eastern and Northern Europe. WP/553, Oct. 2025.
- [13] Euronews. What Can Europe Do to Better Defend Against GPS Interference from Russia? 2 Sept. 2025.
- [14] Misra P., Enge P. Global Positioning System. Ganga-Jamuna Press, 2004.

- [15] Hofmann-Wellenhof B. et al. GPS: Theory and Practice. Springer-Verlag, 1994.
- [16] Septentrio. The Chirp Jammer: a GPS Hit and Run. Insight, 2023.
- [17] Graham A. Communications, Radar and Electronic Warfare. Wiley, 2011.
- [18] Kraus T. et al. Survey of In-Car Jammers. Proc. ION GNSS 2011.
- [19] Radoš K., Brkić M., Begušić D. Recent Advances on Jamming and Spoofing Detection in GNSS. Sensors 2024;24(13):4210.
- [20] Lo S. et al. Observations of GNSS Spoofing in Russia in 2023–2024. Proc. ION ITM 2025.
- [21] GPSPATRON. Maritime GNSS Interference Worldwide: A Cumulative Analysis 2025. [Online].
- [22] GPSPATRON & Gdynia Maritime University. GNSS Interference in the Baltic Sea. 2025.
- [23] Safran. Adding Jamming and Spoofing to GNSS Simulation. App. Note, 2021.
- [24] Safran. Over-the-Air Testing: PNT Resilience (Jammertest 2023). 2024.
- [25] Septentrio. Most Resilient GNSS Receiver: Results from Jammertest 2024. Insight, 2024.
- [26] Konovaltsev A. et al. Adaptive Antenna Spoofing Detection. ION GNSS+ 2014.
- [27] Safran. CRPA Testing Guide. Application Note, 2022.
- [28] Taoglas. Countering GNSS Jamming and Spoofing for Aerospace and Defense. Oct. 2025.
- [29] NovAtel. How to Evaluate Anti-Jamming and Anti-Spoofing Technology. 2024.
- [30] Psiaki M.L. et al. Spoofing Detection Using Antenna Motion. Proc. ION GNSS+ 2013.
- [31] Bauernfeind R., Eissfeller B. Roadside Jammer Detector. IEEE/ION PLANS 2014.
- [32] Khanafseh S. et al. RAIM+INS Spoofing Detection. IEEE/ION PLANS 2014.
- [33] Borhani-Darian P. et al. Detecting GNSS Spoofing Using Deep Learning. EURASIP J. Adv. Signal Process. 2024;14.
- [34] Asgari S. et al. Leveraging ML for Detection of Structured Interference in GNSS. PeerJ Computer Science 2024.
- [35] European GNSS Service Centre (GSC). Galileo OSNMA. [Online].
- [36] European Commission. Galileo's OSNMA Authentication Service Now Operational. 25 Aug. 2025.
- [37] u-blox. Galileo OSNMA, the New Message Authentication Feature. 2025.
- [38] EUSPA/EC. Galileo Programme Status. ICAO NACC Radionavigation Workshop, 2025.
- [39] Safran. Testing Galileo OSNMA Capability Using Skydel. App. Note, 2024.

РАЗРАБОТКА НА УСТРОЙСТВО ЗА ИЗМЕРВАНЕ СВЕТЛОРАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ДИСКРЕТНИ ИЗТОЧНИЦИ НА СВЕТИНА

Генади Михайлов

Технически университет – Габрово
g.mihailov@tugab.bg

Никола Драганов

Технически университет – Габрово
ndraganov@tugab.bg

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR MEASURING THE LIGHT DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF DISCRETE LIGHT SOURCES

Genadi Mihaylov

Technical university of Gabrovo
g.mihailov@tugab.bg

Nikola Draganov

Technical university of Gabrovo
ndraganov@tugab.bg

Abstract

The increasingly widespread use of discrete semiconductor light sources (so-called light-emitting diodes or LEDs) requires knowledge of their electrical and luminous parameters. The latter are of particular importance when designing lighting fixtures, display backlights and even indicator elements. Particularly important for the aforementioned applications are the light distribution characteristics of LEDs, since the way the light flux is distributed will depend on them.

There are various devices for measuring the luminous parameters and characteristics of LEDs, but unfortunately they are difficult to access for every laboratory. In addition, factory measuring devices are expensive, especially when engineers have a limited budget. This forces them to look for alternative methods and means to extract information about given parameters or characteristics of the LEDs they are studying. Such is the idea described in this report. Conceptual sketches of individual details and of the entire device for measuring the light distribution curves of LEDs, which can be made from available materials, are presented. The experimentally recorded light distribution characteristics of several types of discrete LEDs are presented and the results of the device's operation are analyzed.

Keywords: Practical development; Laboratory stand; Researching LEDs; Optoelectronic sensor; Light source.

ВЪВЕДЕНИЕ

Оптоелектронните елементи са обект на разглеждане от един голям дял на електрониката и по специално на функционалната електроника, а именно оптоелектрониката.

От край време светодиодите са представлявали интерес, както за изследователи в областта на сензорната техника, така и за инженери проектанти, занимаващи се с разработката на различни оптоелектронни системи.

Известни и описани са различни сензорни принципи за преобразуване на електрични и неелектрични величини [1 - 3], на базата на оптоелектронни сензори [4, 5], съдържащи светодиоди.

Природата на светлината и нейните свойства, дават възможност за използването им за създаване на различни сен-

зорни техники за преобразуване на различни физични величини [1 - 3]. Но каквито и оптоелектронни сензори да се използват винаги обект на разглеждане е светлината, с която те работят и източникът, който я създава [1].

Светодиодните източници на светлина все по-широко навлизат в науката и технологичните разработки за кратко време [4 - 8].

От създаването им до сега, светодиодите са претърпели голям шок в своето развитие. Модерните полупроводникови технологии позволяват създаването светодиодни източници на светлина с почти непрекъсваема спектрална характеристика. Въпреки всички познания за съвременните светодиоди все още се търсят методи и средства за експериментално получаване на техните характеристики,

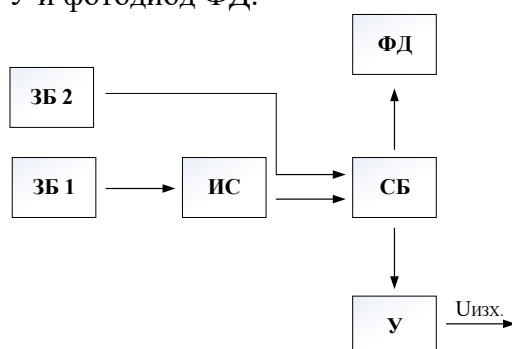
което ще позволи тяхното математическо моделиране. Това от своя страна ще предостави възможност за изграждане на модели чрез, които да се проектират и реализират разнообразни оптоелектронни модели.

Въпреки това, докато светодиодните технологии стават все по-достъпни, съвременните средства за тяхното изследване остават финансово недостижими за много научно изследователски екипи. Тази разлика между достъпността на технологията и възможностите за нейното изследване подчертава необходимостта от търсенето на по-достъпни подходи за изследването на този тип оптоелектронни елементи.

Настоящият доклад има за цел да опише концепция за създаване на функционална измервателна система, която представлява съчетание от оптоелектронни компоненти и прецизно разработена механична конструкция. Разработката ще позволи и да се изследват оптичните характеристики на различни видове светодиоди.

ЕТАПИ НА РАЗРАБОТВАНЕТО

Блоковата схема на система е показана на фиг.1. Тя се състои от два захранващи блока ЗБ1 и ЗБ2, измервателна схема ИС, сензорен блок СБ, усилвател У и фотодиод ФД.



Фиг. 1. Блокова схема на системата

Основният корпус на системата е с цилиндрична форма. Цилиндърът има височина 32cm., вътрешен диаметър 30cm. и дълбочина 11cm. Материалът за

изработката е дървен с дебелина 2,5cm., притежаващ достатъчна механична якост и позволяващ прецизна обработка. В горната част на корпуса е интегрирана подвижна стойка, предназначена за позиционирането на оптоелектронен сензор. По време на експериментално изследване, сензорът остава неподвижен докато цилиндричната част се завърта по периферията си. За постигане на по висока измервателна точност, стойката позволява регулирането позицията на сензора в две перпендикулярни направления. По този начин се осигурява нужното центриране на оптоелектронния сензор спрямо оптичната ос на изследвания светлинен източник.

На фиг.2 е показан основният корпус на функционалната система.



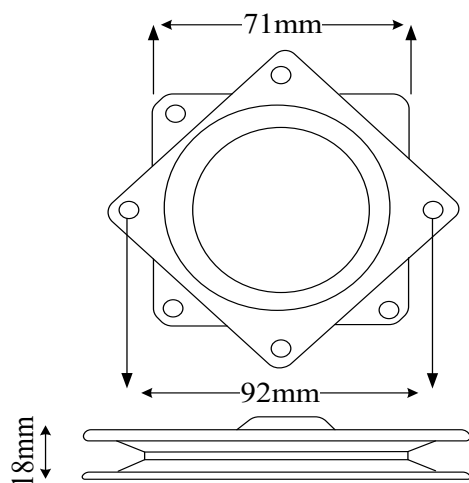
Фиг. 2. Основен корпус на измервателната система (цилиндър)

За да се осигури плавно и равномерно движение на цилиндричната част, във външната му част се монтира лагерна система. Тя е закрепена върху допълнителна стойка, свързана към неподвижна основа. По този начин се осигурява конструктивна стабилност на целия механизъм при процеса на ротацията. Стабилната основа и плавно завъртане осигуряват премахването на механичните вибрации. Това е предпоставка за получаване на точни и възпроизводими резултати при провеждане на експерименталните изследвания.

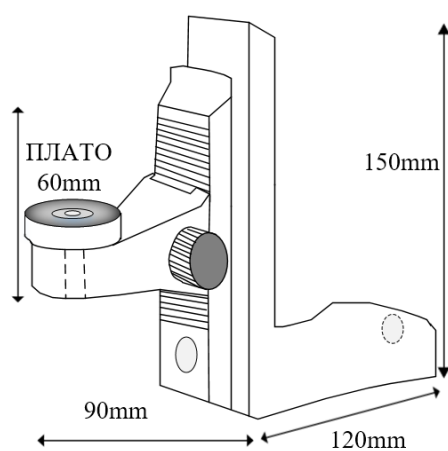
На фиг.3 е представена допълнителната стойка, както и лагерната система.



Фиг. 3а. Допълнителна стабилизираща стойка и лагерна система



Фиг. 3б. Лагер стойка



Фиг. 4. Позиционираща стойка

В основата на стабилизиращата стойка е монтирана гумена опорна ролка върху, която е поставен основният корпус на системата. За реализирането на плавното ротационното движение през оста ѝ е прокаран метален щифт. В неговия край е закрепен ръчен механизъм за завъртане на цилиндричната част, като по този начин се постига желаното плавно завъртане на цилиндъра.

Описаната до тук система позволява позициониране на сензорния модул в различни ъглови положения, осигурявайки висока механична стабилност без отклонения свързани с неравномерно движение на механичните части. По този начин се създава пълно сканиране на светлинното поле и прецизното определяне на диаграмата на излъчване на изследваните светодиоди.



Фиг. 5. Етап от разработката на измервателната система

Изследваните светодиоди се поставят в неподвижна стабилизираща стойка, осигуряваща стабилност и прецизно позициониране в процеса на изследване. Стойката притежава интегриран механизъм за вертикална регулировка, който

осигурява контролирано движение на светодиода към оптоелектронния сензор. Наличието на измервателна скала върху стойката, осигурява повторемост на условията за измерване.

Прецизното задаване на разстоянието между оптоелектронния излъчвател и приемник е от съществено значение за получаване на сравними резултати. Този геометричен контрол на двата елемента е основата за правилен анализ на изследванията на светодиодните образци.

На фиг.5 е показана снимка от междинния етап от разработката на системата.



Фиг. 6. Завършен вид на измервателната системата

След приключването на конструктивната сглобка, цялата измервателна система се покрива със светопоглъщащо покритие. Нанасянето на това покритие има за цел да елиминира паразитните светлинни отражения от вътрешната част на системата. По този начин се получават по-точни и достоверни резултати. Това от своя страна е от съществено значение за анализа на оптичните характеристики на светодиодните източници на светлина.

След нанасяне на антирефлектното покритие, върху предната страна на цилиндъра се нанася измервателна скала.

Скалата осигурява точното отчитане на ъгълът на разположение на оптоелектронния сензор, спрямо светлинния източник. По този начин се осигурява прецизно отчитане на данните по време на измервателния процес.

На фиг.6 е показана снимка на завършената система за измерване и изследване на светодиоди.

ПРИНЦИП НА РАБОТА

Измерването започва с монтажа и подготовката на цялото оборудването. Изследваният светодиод се поставя в куплунга на неподвижната стойка, а височината му се коригира чрез механизма за вертикална настройка. Прецизното позициониране на изследваният светодиод е от важно значение за насочването на светлинния поток към оптоелектронния сензор и съответно за точни изходни данни. Едновременно с това приемникът се поставя в предназначения за него куплунг, монтиран върху въртящия се цилиндър. Захранването на системата се осигурява от два независими захранващи източника. Единият предназначен за светодиода, а другият за сензорната верига, която включва оптоелектронен приемник и усилвател за обработка на сигнала. Използването на два независими един от друг захранващи източници осигурява на системата стабилна работа, без взаимно влияние на отделните блокове един към друг. Измерванията се провеждат в тъмна стая, като по този начин допълнително се елиминира влиянието от светлинни смущения. Началното положение на цилиндъра е при 0° , а светодиодът е монтиран така, че светлинният му луч да попада точно в центъра на оптоелектронния приемник. Това условие трябва да се спазва за да се получат симетрични и достоверни

результати от последващи измервания. В хода на измерването изходните данни се наблюдават непрекъснато посредством специализирани уреди. За прецизни резултати ъгълът на завъртане на цилиндъра се осъществява с малка ъглова стъпка, съответно от 0° до $+90^\circ$ и от 0° до -90° . За всяка ъглова позиция се регистрира съответната изходна стойност. По този начин се наблюдава ъгловата зависимост на светлинния поток. Въз основа на събраните експериментални данни се построява графична зависимост на осреднените изходни данни от ъгъла на завъртане на цилиндричната част. Получената характеристика дава ясна представа на пространственото разпределение на излъчения светлинен поток от светодиода.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направено е предложение за разработване на измервателна система, представяща възможност за експериментално заснемане на оптичните характеристики на светодиоди и дискретни полупроводникови фотоприемници.

Предложената система се състои от подвижна и неподвижна част, които позволяват прецизно позициониране на изследваните елементи.

Разработен е експериментален лабораторен модел на описаните измервателна система.

С цел да се докаже надеждната работоспособност на проведените реални изследвания на светоразпределителните характеристики на светодиоди, като от тях са определени абсолютната и относителната грешка

Докладът е във връзка с проект № НИП 2026-3 на тема към Университетски център за научно развитие и технологии в Технически университет – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Draganov, N. Single-chip Electronic Converter for LED Backlight Control in Modern Widescreen Displays. Science conference TechCo - Lovech 2020, July, 17, Lovech, Bulgaria, 2020, p-p: 23-29, ISSN 2535-079X.
- [2] Aleksandrov, A. Semiconductor elements and integrated circuits. Publishing house EKS-PRESS Gabrovo, 2012, ISBN: 978-954-490-317-6.
- [3] Draganov, N. Sensors. Principles, device, technologies, characteristics, parameters and applications. Part One. Publishing House EKS-PRESS Gabrovo, 2014, ISBN: 978-954-490-435-7.
- [4] Draganov, N. Sensors. Principles, devices, technologies, characteristics, parameters and applications. Part Two. Publishing House EKS-PRESS Gabrovo, 2016, ISBN: 978-954-490-503-3.
- [5] Draganov, N. Sensors. Principles, device, technologies, characteristics, parameters and applications. Third part. Publishing house EKS-PRESS Gabrovo, 2014, ISBN: 978-954-490-550-7
- [6] Draganov, N. Sensory Techniques Laboratory Manual. Publishing House EKS-PRESS Gabrovo, 2019, ISBN: 978-954-490-619-1
- [7] Kolev, I., Koleva, E. Incoherent Optoelectronics. University Press Vasil Aprilov, Gabrovo, 2007, ISBN: 978-954-683-373-0
- [8] Kolev, I., E. Koleva. Optoelectronics. Publishing House "Technika" Sofia, 2007, ISBN 978-954-03-0670-4

ELECTRONIC MODULE FOR OSCILLOGRAPHY OF THE CHARACTERISTICS OF ELECTRONIC SEMICONDUCTOR COMPONENTS AND SENSORS

Nikola Draganov

Technical University of Gabrovo

Technical College of Lovech

Department of Machine building, computer systems and electrical engineering

Abstract

When designing electronic circuits, it is extremely important to know the actual characteristics of electronic components (diodes, transistors, zener diodes, Hall sensors, magnetotransistors, etc.). This is due to the fact that there are tolerances in the parameters of electronic semiconductor components. These tolerances are reflected in the catalog data of the components as an interval of values, and not as a specific value for a specific component. When designing electronic circuits and developing prototype electronic blocks, it is good to conduct tests on each component to show its individual characteristics. There are devices on the market that allow for oscillography of the characteristics of electronic components. In many cases, however, they are very expensive or are inaccessible to a wider range of designers and developers of electronic circuits.

This report proposes and describes a real electronic module that allows oscillography of the characteristics of most electronic semiconductor components and some types of sensors using a standard two-channel oscilloscope. A block diagram, a schematic electrical diagram, diagrams reflecting the principle of operation, sample measurements, and a photo of the developed module are presented.

Keywords: Semiconductor electronics components, Research of semiconductor elements, Chartwrite device, automation measurement system, DAQ – system, galvanomagnetic sensors, discrete sensors.

Абстракт

При проектирането на електронни схеми е от изключително значение да се познават действителните характеристики на електронните компоненти (диодни, транзистори, стабилитрони, сензори на Хол, магнитотранзистори и др.). Това се налага от факта, че съществуват толеранси в параметрите на електронните полупроводникови компоненти. Тези толеранси се отразяват в каталожните данни на компонентите като интервал от стойности, а не като конкретна стойност за конкретен компонент. При проектирането на електронни схеми и при изработването на прототипни електронни блокове е добре да се проведат тестове на всеки компоненти, които да покажат индивидуалните му характеристики. На пазара съществуват устройства, които дават възможност за осцилографиране на характеристиките на електронни компоненти. В много случаи, обаче, те са на много висока цена или са недостъпни за по-широк кръг проектантите и разработчици на електронни схеми.

В настоящия доклад е предложено и описан реален електронен модул, позволяващ осцилографиране на характеристиките на повечето електронни полупроводникови компоненти и някои видове сензори чрез стандартен двуканален осцилоскоп. Представени са блокова схема, принципна електрическа схема, диаграми, отразяващи принципа на работа, примерни измервания и снимка на разработения модул.

INTRODUCTION

The development of electronic technology is mostly determined by the development and improvement of methods and means for obtaining measurement information [2, 3, 14, 16, 18].

There are various types of automated measurement devices and methods, one of which is the characteristic graph [4, 5, 12, 13, 15, 17]. They allow for recording the characteristics of various types of electronic

components, thereby facilitating their research [1, 8, 9].

And automated testing of electronic semiconductor components would lead to improved accuracy of their characteristics and parameters. Capturing static characteristics in laboratory conditions is a laborious process, associated with increased attention from the operator, requirements for ambient temperature, stability of power supplies and, finally, the time for which the meas-

urement is carried out [6, 7]. The purpose of this work is to present an alternative electronic module, enabling the display (oscillography) of the static characteristics of electronic semiconductor components and sensors (without a built-in signal pre-processing circuit) using a standard two-channel electronic oscilloscope.

WORKING PRINCIPLE. BLOCK DIAGRAM

Capturing the characteristics of electronic semiconductor components using classical schemes and methods [3, 17] is a laborious process, the accuracy of which depends on various factors such as ambient temperature, accuracy of measuring instruments and signal sources, accuracy of setting by the operator, etc. As a disadvantage of classical methods, the need for many measuring instruments can be noted. They must be of the same type and accuracy class. Signal sources are required, and finally is the time for performing the tests. To improve the accuracy of the test, it is necessary to capture more points of the characteristic, which extends the measurement time. This leads to an increase in the temperature of the sample tested and a change in its parameters. All this is avoided when using more modern methods for capturing static conversion characteristics [4, 11, 12].

A block diagram of the developed module, allowing oscillography of the static characteristics of semiconductor electronic components and some types of sensors, is presented in Fig. 1. The main block in the circuit is a sawtooth voltage generator (SVG) that produces negative or positive pulses depending on the type of the element under study (diode, NPN or PNP transistor, N-MOSFET or P-MOSFET, Hall element, magnetotransistor or magnetoresistive bridge, etc.) with an amplitude $U_{GEN}=10V$. This voltage is amplified by a current amplifier so as not to load the generator. The amplified sawtooth signal is fed to the power electrode of the element under study and

simultaneously fed to the horizontal scan channel (X) of the oscilloscope. To control the vertical scan, the signal received from the amplifier output is converted into voltage by the current-voltage converter (CVC) and fed to input Y of the electronic oscilloscope. The converter is equipped with a current limiter that limits the supply current ($I_S \leq 40mA$). This protects the amplifier and the measured component from damage.

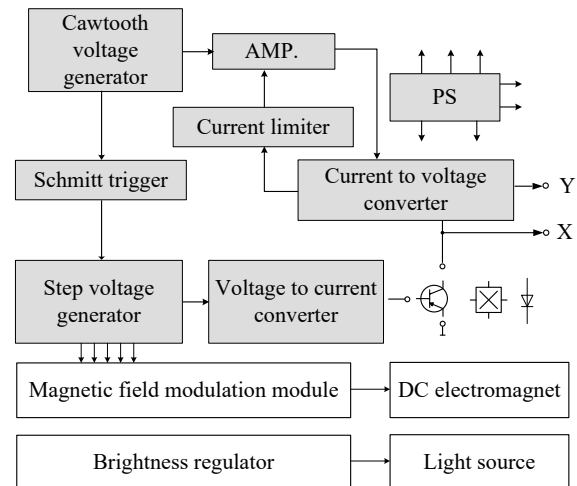


Fig. 1. Block diagram of an electronic module for oscillography of the characteristics of electronic semiconductor components

A positive gate pulse is supplied to the Schmitt trigger from a sawtooth voltage generator (SVG), which serves to control the step voltage generator (SVG), which creates the control current through the voltage-current converter (VCT). After each straight stroke of the sawtooth cut, the supply voltage (U_S) and supply current (I_S) parameters change. As a result of the overall measurement on the oscilloscope screen, a family of characteristics is obtained. To stabilize the resulting image, the SVG frequency is selected $F_{GEN}=500Hz$.

The schematic diagram of the developed module is presented in Fig. 2. SVG consists of an integrator (IC2) and a comparator (IC1). Depending on the position of the switch SW2, the output sawtooth voltage has a positive or negative polarity ($+U_{GEN}$, $-U_{GEN}$). It is fed to the amplifier block. It is a

complementary emitter follower, implemented with transistors VT1 and VT2. The potentiometer RP1 determines the voltage amplitude, which is directly related to the distance from each other of the curves in the family of characteristics on the oscilloscope screen. The CVC implemented by integrated circuit IC3 operates in subtraction mode, amplifying the voltage drop across the measuring resistor R1 by 10 times. For the output voltage, which is fed to the Y input of the oscilloscope, we can write:

$$U_{OIIIIT} = U_Y = k \cdot R1 \cdot I_S \quad (1)$$

where: k – gain coefficient; R1 – value of the measuring resistor, I_S – magnitude of the supply current (not more than 40mA). Transistors VT3 and VT4 provide current limitations. The voltage coefficient for the horizontal scan U_X is adjusted internally by the trimmer potentiometer RP4.

By means of potentiometer RP2, a load line is plotted in the field of the characteristic family (when studying transistors and magnetotransistors). The change in the voltage drop across R1 causes a proportional change in the supply current I_S . The voltage drop across resistor R1 is subtracted from the sawtooth voltage, and the resulting difference is fed to the measured sensor as voltage U_S (for Hall elements and magnetoresistors, photoresistors, phototransistors) or U_{CE} (for magnetotransistors). Increasing the collector current through potentiometer RP2 leads to a decrease in the maximum value of the voltage U_{CE} :

$$U_{CEM} = U_{ITHM} = RP2 \cdot I_{CM} \quad (2)$$

The display field on the abscissa of the obtained characteristics decreases in proportion to the magnitude of the ordinate. The load line is obtained by mentally connecting the end points of each displayed characteristic, as is usually drawn when determining the operating mode of a simple bipolar transistor. The Schmitt trigger, im-

plemented with discrete elements (transistors VT5, VT6 and resistors R29-R31) can be controlled in two ways depending on the position of the SW5 switch. To obtain a family of characteristics, the Schmitt trigger is controlled by SVG through the diode D9. When activated by pressing the SW4 button, only one conversion characteristic is displayed on the oscilloscope screen. Each time the button is pressed, the next characteristics of the family are displayed on the oscilloscope screen one by one, and the previous ones are extinguished.

The step voltage generator is implemented with a TTL decimal counter SN7490. The resistor matrix connected to its outputs provides different output voltage levels for each incoming control pulse from the Schmitt trigger, thus obtaining a step-changing voltage. The division factor is finely adjusted with trimmer potentiometers RP10, RP11, RP12 and RP13 so that the output voltage is proportional to the current combination of the Q-outputs of the integral counter. After the resistor matrix, the step voltage UCT is obtained, it is converted into a step current from VCC. When the switch SW2 is in position 1, the operational amplifier IC4 operates as a non-inverting one. Its output voltage U_3 is determined by the difference between the input voltages U_4 and U_{CT} . Integrated circuit IC5 operates in a negative current feedback circuit. The output voltage U_4 , obtained from the amplifier IC5, when studying magnetotransistors or photoresistors is calculated by the expression:

$$U_4 = (U_3 - U_5) \cdot K_{OY5} = I_{Btest} [(R_2 + R_{ib} + r_1) - r_1] K_{OY5} \quad (3)$$

where: K_{OY5} – value of voltage gain; $r_1 = r_{BB} + \beta r_e$ – input resistance of the tested element. At $U_{CT} = U_4$ for the base current of the magnetotransistor I_{BTEST} we obtain:

$$U_{CT} = I_{Btest} \cdot (R_2 + RP6) K_{OY5}, \quad (4)$$

$$I_{BTEST} = U_{CT} \cdot \frac{1}{K_{OY5}} \cdot \frac{1}{R_2 + RP6} \quad (5)$$

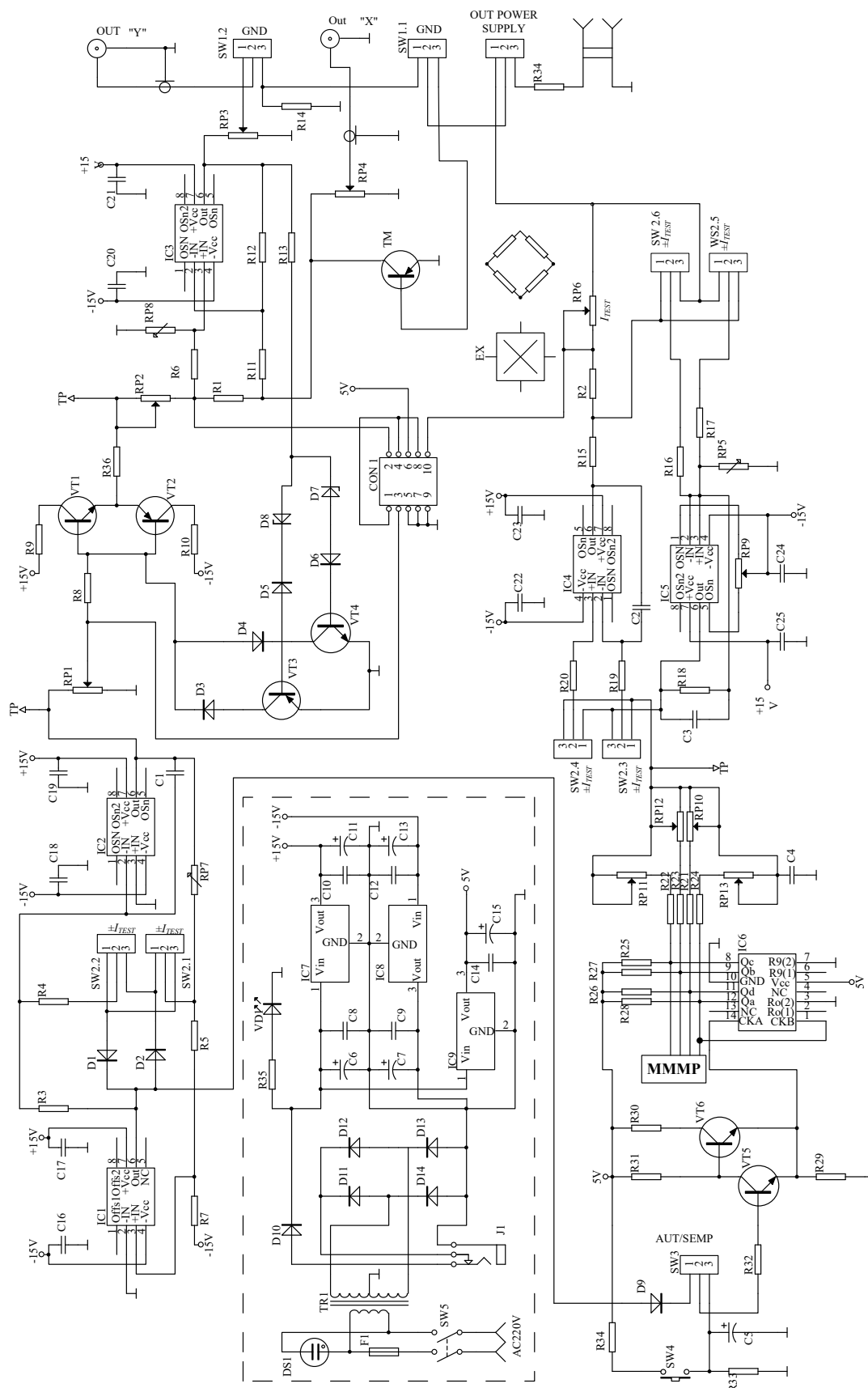


Fig. 2. Schematic diagram of an electronic module for oscillography of the characteristics of electronic components

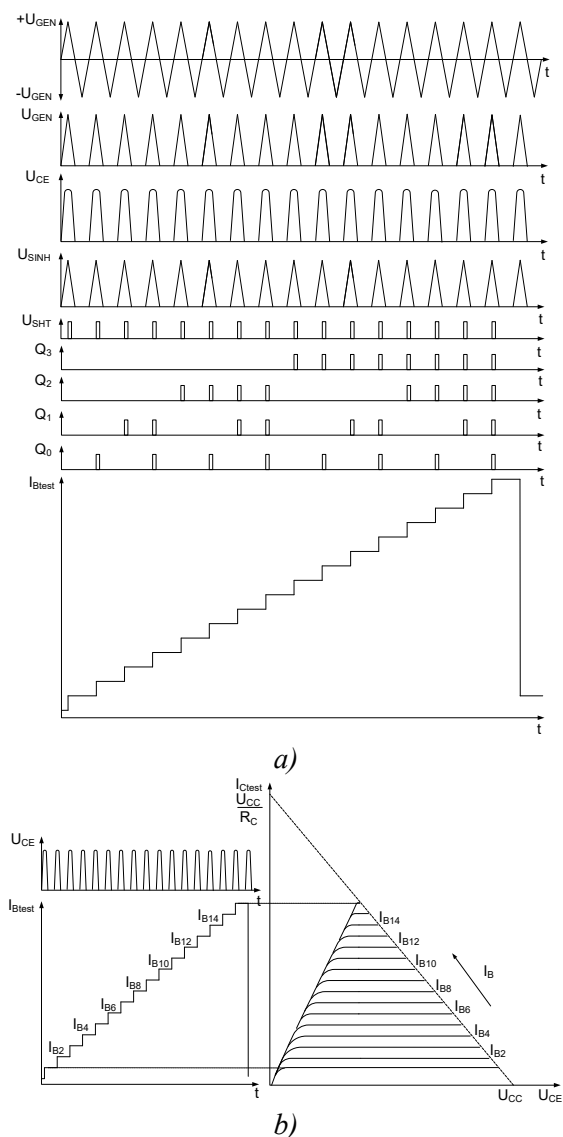


Fig. 3. Timing diagrams at the control points of the circuit (a) and conversion characteristics of an experimental magnetotransistor

Therefore, the control current I_{BTEST} is proportional to the step voltage and inversely proportional to the sum of the resistances $R_2 + RP_6$. The amplitude of the control current is adjusted by potentiometer RP_6 . The switch SW_6 determines where the control current is supplied from. The multi-channel switch SW_2 swaps the non-inverting inputs of IC_4 and IC_5 with the inverting ones, and the resulting step current changes its polarity. The external current source is connected to the I_{BOUT} terminals of the circuit with the indicated polarity, and it is supplied to the

tested magnetotransistor through the I_{BOUT} button. The magnitude of the control current is measured when the "GND" button is turned on, and is displayed on the screen as a segment corresponding to voltage. The scale unit has a value $b_Y = 2V/m$.

Fig. 3 a and b present timing diagrams, at separate control points, describing the operation of the developed electronic module for automated recording of the conversion characteristics of electronic semiconductor elements and sensors.

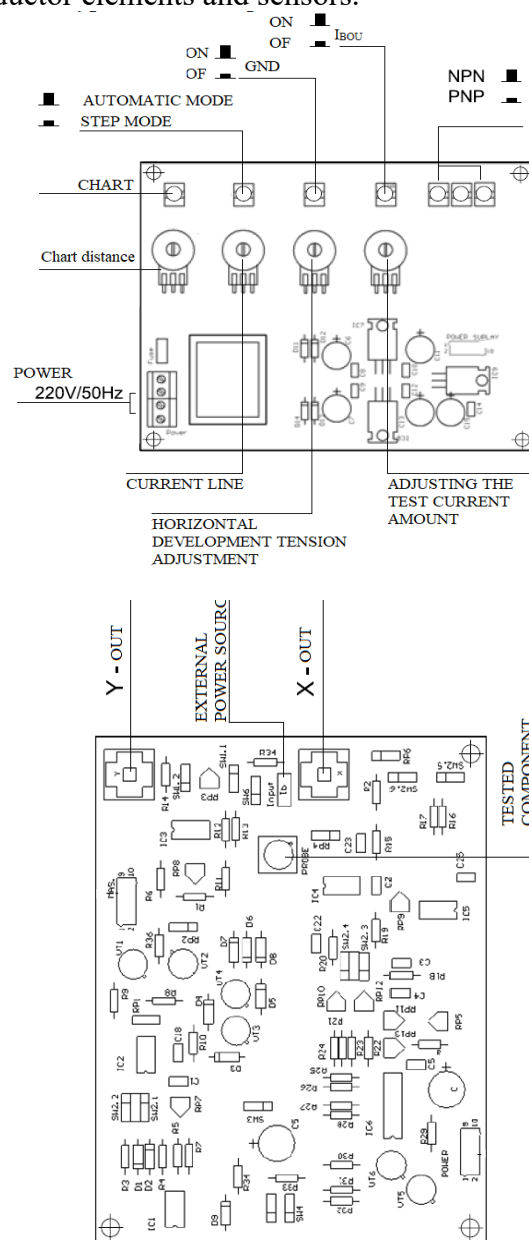


Fig. 4. View of the top and bottom panels of the device and the location of the controls

The developed electronic module consists of two printed circuit boards (panels), shown in Fig. 4. The control elements for managing the operating modes during the study are located on them.

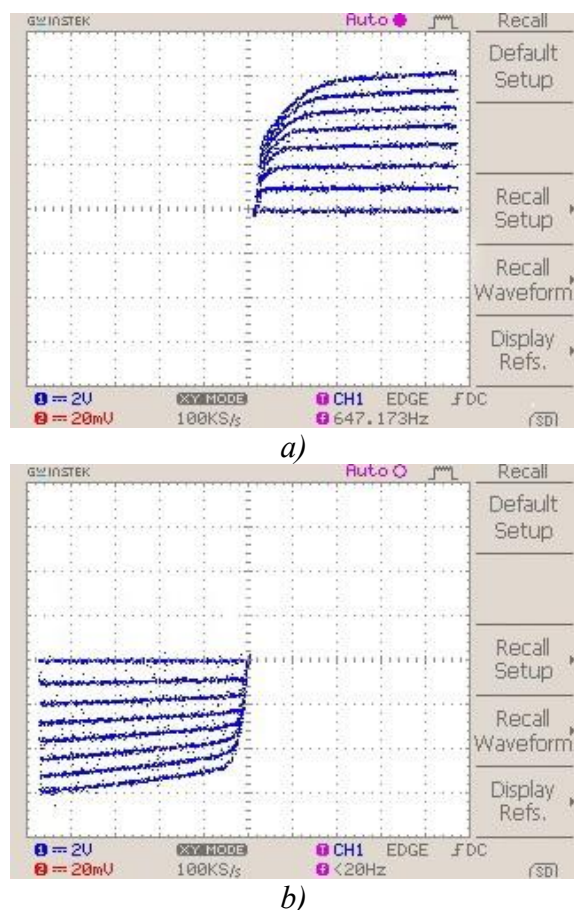


Fig. 5. Experimentally oscillographed output characteristics of NPN (a) and PNP (b) bipolar transistor

CONCLUSION

An electronic module for oscillography of the characteristics of electronic semiconductor elements and sensors has been created. A block and schematic electrical diagram has been developed. Timing diagrams clarifying the principle of operation of the device are presented. The following capabilities should be noted for the developed device: 1. Regulation of the control current both from the built-in voltage-current converter and from the external DC source (I_{BOUT}). 2. Control of the load line of the studied components. 3. Regulation of the

distance of the characteristics is possible when controlling the current-voltage con

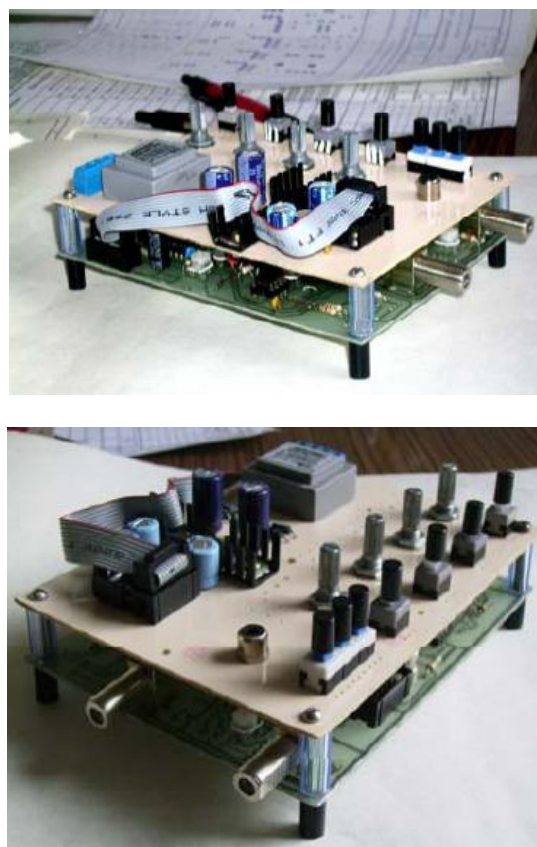


Fig. 6. Appearance of the developed electronic module

verter. 4. The step mode used for displaying the conversion characteristics is convenient when it is necessary to display only one characteristic from the entire family of characteristics. The designed device finds wide application both in education, practice and scientific research. With its help, various characteristics of electronic components and sensors can be captured, such as: input characteristics, volt-ampere characteristics, transient characteristics, output characteristics, the conversion characteristics of various types of discrete sensor components (optoelectronic and galvanomagnetic) through minimal change in the output circuits. The rapid display of the characteristics of the studied elements using only an electronic oscilloscope allows for application in various research laboratories and production centers.

Fig. 6 shows pictures of the developed electronic module for oscillography of the characteristics of electronic components.

Acknowledgments

This research is funded by the European Regional Development Fund within the framework of the Research, Innovation and Digitalization for Smart Transformation Programme 2021-2027, Project No. BG16RF PR002-1.014-0005 Competence Center "Intelligent Mechatronic, Eco- and Energy-Saving Systems and Technologies".

REFERENCES

- [1] Aleksandrov, A. Semiconductor elements and integrated circuits. Publishing house EKS-PRESS Gabrovo, 2012, ISBN: 978-954-490-317-6.
- [2] Aleksandrov, A., P. Daneva, N. Draganov. Modeling and Simulation of Hall Elements. Proceedings of papers – ICEST, Ohrid, Macedonia, 2010, 791-794.
- [3] Aliyu Isah, Stéphane Binczak, Aurélien Serge Tchakoutio Nguetcho, Jean-Marie Bilbault. Memristor – the fourth fundamental passive electronic component and its memory interpretation. September 2022, J3eA 21:2055, DOI:10.1051/j3ea/20222055, License: CC BY 4.0
- [4] D. Wang and L. Khuon, "Using myDAQ and LabVIEW to Develop a Single-Channel EEG for a Multi-modality Epileptic Seizure Detection Platform," 39th Annual Northeast Bioengineering Conference, pp. 161-162, 2013
- [5] Draganov, N., G. Mihaylov, D. Dacheva. Laboratory Bench for Studying the Electrical Characteristics of Standard Semiconductor Light Sources. IX-th National Science Conference TechCo - 2025, June, 27, Lovech, Bulgaria, 2025, p-p: 211-215, ISSN 2535-079x
- [6] Draganov, N., A. Alexandrov. Study of the static characteristics of a Hall element. Part One. Scientific papers of the University of Ruse, Vol. 52, series 3.1, Ruse, 2012, ISSN 1311-3321, pp. 56-60
- [7] Draganov, N., A. Alexandrov. Study of the static characteristics of a Hall element. Part Two. Scientific papers of the University of Ruse, Vol. 52, series 3.1, Ruse, 2012, ISSN 1311-3321, pp. 61-65
- [8] Draganov, N., T. Draganova. Based on AMR Sensors Device for Multicannal Contactless Measurement of AC Current. Proceedings of papers ICEST-11, Nish, Serbia, June 29 – July 1, 2011, ISBN 978-86-6125-033-0, pp. 913-916
- [9] K. Lee, M. S. Shur, T. J. Drummond, H. Morkoc, Current-Voltage and capacitance-Voltage characteristics of modulation-doped field-effect transistors. IEEE Transactions on Electron. Devices, vol. 30 no. 3, pp. 207-212, 1983.
- [10] M. T. Ahmadi, H. H. Lau, R. Ismail, V. K. Arora, Current-voltage characteristics of a silicon nanowire transistor. Microelectronics Journal, vol. 40 no. 3, pp. 547-549, 2009
- [11] M. Lyakas, et al. Analysis of non ideal schottky and pn junction diodes / extraction of parameters from I-V plots. 5481-5489, 1995.
- [12] M. Lyakas, et al. Analysis of non ideal schottky and pn junction diodes / extraction of parameters from I-V plots. 5481-5489, 1995.
- [13] Mironova. G., G. Goranov. Overview of measurement system for testing hall elements. International Scientific Conference Unitech-23, 17-18 November 2023, GABROVO, Bulgaria, ISSN 1313-230X
- [14] Mihaylov, G., N. Draganov. Conception for led investigation measurement system. International Scientific Conference UNITECH 2025, November, 20-22, Gabrovo, Bulgaria, 2025, ISSN 1313-230X
- [15] Mihaylov, G., N. Draganov. Reserch of the volt-ampere characteristic of leds. IX-th National Science Conference TechCo - 2025, June, 27, Lovech, Bulgaria, 2025, p-p: 59-63, ISSN 2535-079x
- [16] T. Klinger, C. Kreiter, A. Pester, C. Madritsch, "Low-cost Remote Laboratory Concept based on NI myDAQ and NI ELVIS for Electronic Engineering Education," 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), pp. 106-109, 2020.
- [17] Toure, A. F., P. A. Cotfas, D. T. Cotfas. Study of the electrical characteristics of electronic components under the NI LabView environment. 17th International Technology, Education and Development Conference. March 2023, DOI: 10.21125/inted.2023.1752
- [18] Yuheng Zhen. The Electronic Properties of Semiconductors and Their Related Applications. Proceedings of CONF-MCEE 2026 Symposium: Geomaterials and Environmental Engineering. DOI: 10.54254/2755-2721/2026.MH30773.

НАПРАВЛЕНИЕ 2

ИНЖЕНЕРНИ ТЕХНОЛОГИИ



**ИНТЕЛИГЕНТНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА КОНТРОЛНИ
ПРОВЕРКИ В НАЦИОНАЛНАТА ГЕНБАНКА****Венета Табакова-Комсалова**

Пловдивски университет “П.Хилендарски”,
Пловдив, България,
v.komsalova@uni-plovdiv.bg

Боян Беличев

Пловдивски университет “П.Хилендарски”,
Пловдив, България,
boyanbelichev@uni-plovdiv.bg

Ася Стоянова-Дойчева

Пловдивски университет “П.Хилендарски”,
Пловдив, България
astoyanova@uni-plovdiv.bg

Станимир Стоянов

Пловдивски университет “П.Хилендарски”,
Пловдив, България
stani@uni-plovdiv.bg

**INTELLIGENT SYSTEM FOR MANAGEMENT OF CONTROL CHECKS IN
THE NATIONAL GENE BANK****Veneta Tabakova-Komslova**

University of Plovdiv “Paisii Hilendarski”,
Plovdiv, Bulgaria
v.komsalova@uni-plovdiv.bg

Boyan Belichev

University of Plovdiv “Paisii Hilendarski”,
Plovdiv, Bulgaria
boyanbelichev@uni-plovdiv.bg

Asya Stoyanova-Doycheva

University of Plovdiv “Paisii Hilendarski”,
Plovdiv, Bulgaria
astoyanova@uni-plovdiv.bg

Stanimir Stoyanov

University of Plovdiv “Paisii Hilendarski”,
Plovdiv, Bulgaria
stani@uni-plovdiv.bg

Abstract

The Bulgarian National Genebank was established to preserve the diversity of cultivated plants and their wild relatives. Because the collection contains more than 60,000 accessions and each sample must periodically pass control inspection, the operational workload becomes difficult to coordinate manually. The paper presents the first prototype of an intelligent multi-agent system for planning, executing and monitoring these inspections. The methodology combines an event-driven context-oriented model, adapted domain events for genebank workflows, agent-based task orchestration and a simulation environment for analysing time, actions and bottlenecks. The main result is an architectural model and working prototype that supports sample selection, simulation of inspection stages, chronological event logging, Gantt-based timeline analysis, activity statistics, data filtering and export for additional analysis. The proposed solution improves transparency and operational control, while keeping a human-in-the-loop role for the genebank manager. The limitation of this first version is that decisions are supported and simulated, but not yet automatically validated against all laboratory and institutional rules. The practical value is a scalable foundation for future integration with viability testing, regeneration planning, alerts and national/international genebank data standards.

Keywords: genebank; control inspection; multi-agent system; event-driven architecture; ECOS (Event-driven Context-Oriented Server); digital agriculture.

ВЪВЕДЕНИЕ

Националните генбанки са критична инфраструктура за опазване на растителните генетични ресурси, устойчиво

земеделие и селекция. Българската национална генбанка е основана през 1984 г. с цел дългосрочно съхраняване на раз-

нообразието от културни растителни видове и техните диви родственици. В нея се съхраняват над 60 000 образци, чието качество трябва периодично да бъде оценявано чрез контролни проверки. Практическата трудност произтича от това, че всяка проверка включва множество етапи, участници и времеви зависимости, а средният месечен обем достига приблизително 6000 контролни проверки.

Проблемът не е само в обема на задачите, а и в необходимостта ръководителят на генбанката да вижда състоянието на проверките в реално време, да идентифицира забавяния, да проследява отговорностите на различните специалисти и да взема решения при конфликт на ресурси. Ръчният контрол чрез таблици и отделни файлове е ограничен, защото не представя процеса като динамична система от събития и контексти.

Целта на настоящата статия е да представи версия на прототип на интелигентна мулти-агентна система за подпомагане на управлението на контролни проверки в национална генбанка. Основният принос е съчетаването на събитийно-контекстен модел, агентна координация, симулационна среда и визуални аналитични инструменти в единна архитектура.

СЪЩЕСТВУВАЩИ РЕШЕНИЯ И МОТИВАЦИЯ

Съвременната генбанка вече не е само физическо хранилище и инвентарен регистър. Сравнителният преглед на национални системи показва преход към интегрирани цифрови инфраструктури, които управляват акцесии, инвентар, жизнеспособност, регенерация, заявки, разпространение, паспортни, фенотипни, генотипни и образни данни [1], [2]. Зрелите решения комбинират вътрешна информационна система, публичен портал, стандартизирани метаданни, устойчиви идентификатори и връзки с междуна-

родни каталози.

Сред важните инфраструктури са EURISCO [3] като федеративен европейски слой върху националните инвентари, MCPD [4] като стандарт за паспортни данни, Genesys [5] като глобален портал с API и BrAPI, както и GRIN-Global и GGCE като решения за управление на *ex situ* колекции [2]. Тези системи дават добра основа за каталогизация, публикуване и обмен на данни, но публично описаните им функции не показват автономна агентна координация на ежедневните контролни проверки.

За България особено релевантна е посоката към мониторинг на съхранението, поддържане на база данни за генетичното разнообразие и прогнозиране на необходимостта от размножаване на семенни проби. Представеният прототип се насочва към оперативния слой между данните и управленските решения: как проверката да бъде планирана, стартирана, проследена, анализирана и документирана.

МЕТОДОЛОГИЧНА ОСНОВА

Събитийно-контекстен модел

Методологичната основа е адаптация на ECOS (Event-driven Context-Oriented Server). В базовата концепция събитията активират сценарии и действия и синхронизират активни компоненти в различни платформи. Събитието се разглежда като нещо, което се случва или се приема за случващо се на определено място и в даден момент или интервал от време и оказва влияние върху работата на системата.

Моделът разграничава базови, системни и домейн-събития. Базовите събития са атомарни и могат да представят време, местоположение или гранични стойности. Системните събития описват инфраструктурни действия като съобщения и генериране на компоненти. Домейн-събитията представят процеси от приложната област. За контролна про-

верка в генбанка домейн-събития са например планиране на проверка, избор на образец, назначаване на специалист, начало на лабораторен етап, приключване на кълняемост, потвърждаване на резултат и архивиране на протокол.

Важна характеристика е възможността за представяне на планови и инцидентни събития. Плановите събития са свързани с нормативния цикъл на проверка, например десетгодишен интервал. Инцидентните събития се появяват при отклонения: липсващи данни, забавяне, конфликт в графика, ниска кълняемост или необходимост от регенерация. Така системата може да поддържа както нормалния работен поток, така и изключенията.

Формална интерпретация

В прототипа всяко събитие се представя като тройка:

$e = \langle eid, etype, epar \rangle$,
където eid е идентификатор, $etype$ е тип, а $epar$ е списък с параметри. Операторът $e_i \uparrow e_j$ означава, че възникването на e_i предизвиква e_j , а $e_i \downarrow e_j$ означава прекратяване на събитие. Операторът $accu(e, window, threshold)$ се използва за акумулиране на събития във времеви прозорец и за активиране на резултатно събитие при достигане на праг.

За генбанковия случай това позволява дефиниране на правила от вида:

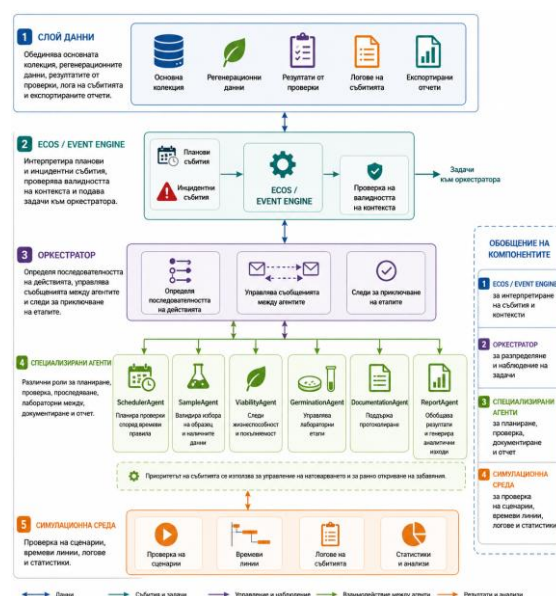
```
periodic(check_due, 10 years)
↑ inspection_planned;
inspection_planned ↑
sample_selected;
germination_completed ↑
result_reviewed;
(¬result_reviewed within Δt)
↑ delay_alert.
```

Механизмът за приоритети подпомага избор на задача при едновременни събития, например когато няколко проверки изискват един и същ специалист или

лабораторен ресурс.

АРХИТЕКТУРА НА ПРОТОТИПА

Архитектурата (Фиг. 1) е изградена като слой от данни, събитийно ядро, оркестратор на агенти, специализирани агенти и аналитична среда. Тя не заменя ръководителя на генбанката, а му предоставя структурирана оперативна картина, предупреждения и проверими следи от изпълнението.



Фиг. 1. Обобщена архитектура на прототипа за управление на контролни проверки.

Слоят данни обединява основната колекция, регенерационните данни, резултатите от проверки, лога на събитията и експортираните отчети.

ECOS/Event Engine интерпретира планови и инцидентни събития, проверява валидността на контекста и подава задачи към оркестратора.

Оркестраторът определя последователността на действията, управлява съобщенията между агентите и следи за приключване на етапите.

Специализираните агенти имат различни роли. SchedulerAgent планира проверки според времеви правила; SampleAgent валидира избора на образец и наличните данни; ViabilityAgent следи

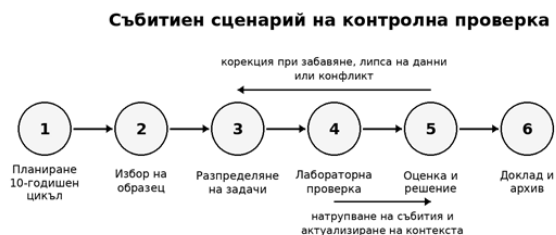
жизнеспособност и кълняемост; *GerminationAgent* управлява лабораторни етапи; *DocumentationAgent* поддържа протоколиране; *ReportAgent* обобщава резултати и генерира аналитични изходи. Приоритетът на събитията се използва за управление на натоварването и за ранно откриване на забавяния.

Компонентите на прототипа могат да се обобщят в четири групи: *ECOS/Event Engine* за интерпретиране на събития и контексти; оркестратор за разпределяне и наблюдение на задачи; специализирани агенти за планиране, проверка, документироване и отчет; симулационна среда за проверка на сценарии, времеви линии, логове и статистики.

ПРОЦЕС НА КОНТРОЛНА ПРОВЕРКА

Контролната проверка се разглежда като многостепен процес с начално планово събитие. При достигане на срок системата генерира *check_due*, което активира избор на образец и проверка на наличните данни. След това оркестраторът формира пакет от задачи към съответните агенти и специалисти. Всеки етап връща събития за начало, междинно състояние и край.

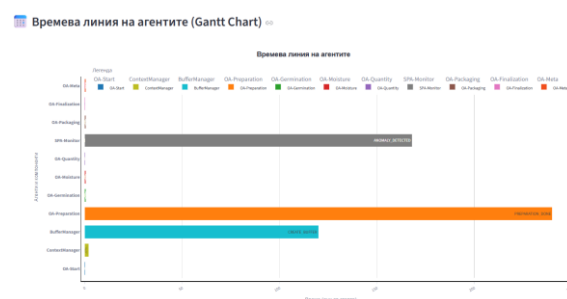
Сценарият (Фиг. 2) включва и обратни връзки. Ако резултатът липсва в допустим интервал, системата създава *delay_alert*. Ако кълняемостта или друга характеристика премине зададен праг, се активира риск-събитие, което може да предложи регенерация, повторна проверка или управленско потвърждение. Този подход е подходящ за процеси, при които данните постъпват от различни източници и времето е съществен фактор.



Фиг. 2. Контролна проверка като последователност от планирани и инцидентни събития.

СИМУЛАЦИОННА И АНАЛИТИЧНА СРЕДА

Първата версия на прототипа включва симулационна среда, чрез която потребителят избира конкретен семпъл от Base collection и стартира цялостна симулация на контролна проверка. След приключване на симулацията системата показва потвърждение и общ брой събития. Времевата линия се визуализира чрез Gantt графика (Фиг. 3), в която всеки агент е представен отделно, а продължителността на стъпките се вижда чрез хоризонтални ленти.

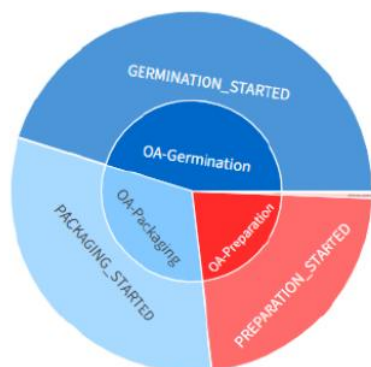


Фиг. 3. Времевата линия чрез Gantt графиката

Детайлният хронологичен лог съдържа час на настъпване, агент или компонент, действие и детайли. Това създава одитен път, необходим за проследимост и последващ анализ. Допълнителните визуализации включват статистика на активността, разпределение на времето, Sunburst диаграма (Фиг. 4) на йерархията на събитията, както и детайли за най-кратките и най-дългите интервали.

Йерархия на събитията

Структура на събитията



Фиг. 4. Йерархията на събитията
(външният кръг показва агентите, а
вътрешният – техните действия)

Аналитичните табове *Base Data* и *Regeneration Data* позволяват филтриране по род, вид, произход, инвентарни номера, години и числови диапазони, преглед на сурови и филтрирани таблици, графики, корелационни матрици, липсващи стойности и експорт като CSV файл. Така прототипът свързва симулацията на процеса с реалните информационни структури на генбанката.

ОБСЪЖДАНЕ

Представената система има три практически предимства. *Първо*, тя превръща контролния процес от списък със задачи в управляема събитийна структура. *Второ*, позволява различните специалисти и компоненти да бъдат моделирани като агенти с ясно дефинирани роли. *Трето*, осигурява визуална и таблична проследимост, което е съществено при голям месечен обем от проверки.

Спрямо традиционните информационни системи новостта е в оперативната координация: събитията, контекстите и агентите се използват не само за съхранение на данни, а за управление на процеса. Прямо международните генбанкови решения прототипът е допълващ

слой, който може да бъде интегриран с каталози, стандарти за паспортни данни, регенерационни модули и външни портали.

Ограничението на първата версия е, че тя е прототипна и симулационна. Не всички лабораторни, институционални и нормативни правила са формализирани. Освен това качеството на препоръките зависи от пълнотата на данните и от точността на правилата за събития, прагове и приоритети. Затова системата е проектирана като *human-in-the-loop*: тя подпомага, но не замества ръководителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статията представя първа версия на интелигентна мулти-агентна система за управление на контролни проверки в националната генбанка. Основният въпрос беше как голям обем периодични и многостепени проверки може да бъде управляван по-прозрачно, проследимо и мащабируемо. Предложеното решение използва събитийно-контекстен модел, ECOS компонент, оркестратор на агенти, специализирани агенти и симулационна среда.

Практическата приложимост се изразява в по-добро планиране, ранно откриване на забавяния, визуално наблюдение на етапите, хронологичен лог и възможност за анализ на данните от основната и регенерационната колекция. Бъдещото развитие включва формализиране на повече домейн-правила, свързване с баркодирание и мобилно въвеждане, автоматизирани предупреждения за жизнеспособност и регенерация, както и интеграция с международни стандарти и портали.

БЛАГОДАРНОСТИ

Това изследване е проведено в рамките на проекта IS-PGR-SADOVO „Интелигентна система за управление на българския растителен генофонд, съхраняван в генбанката на ИРГР-Садово“, с

финансовата подкрепа на Министерството на образованието и науката, договор № КП-06-Н86/9/09.12.2024 г. на Националния фонд за научни изследвания на България.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kotni, P., van Hintum, T., Maggioni, L., Oppermann, M., & Weise, S. (2023). EURISCO update 2023: the European Search Catalogue for Plant Genetic Resources, a pillar for documentation of genebank material. *Nucleic Acids Research*, 51(D1), D1465-D1469. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac852>.
- [2] GRIN-Global Community Edition (GGCE). <https://ggce.genesys-pgr.org/>
- [3] EURISCO/IPK European Search Catalogue for Plant Genetic Resources. <https://eurisco.ipk-gatersleben.de/>
- [4] Alercia, A., Diulgheroff, S., & Mackay, M. (2015). FAO/Bioversity Multi-Crop Passport Descriptors V.2.1 (MCPD V.2.1). Bioversity International and FAO. <https://cgspace.cgiar.org/items/9edcdc3a-ddf9-46ba-a884-ebd1f7e022f2>.
- [5] Genesys PGR global portal, API and BrAPI resources. <https://www.genesys-pgr.org/>

ЛОВЕЧ – АТРАКТИВНА ТУРИСТИЧЕСКА ДЕСТИНАЦИЯ

Боян Беличев

Пловдивски университет “П.Хилендарски“, Пловдивски университет “П.Хилендарски“
Пловдив, България,
boyanbelichev@uni-plovdiv.bg

Венета Табакова-Комсалова

Пловдив, България,
v.komsalova@uni-plovdiv.bg

Станимир Стоянов

Пловдивски университет “П.Хилендарски“, Пловдивски университет “П.Хилендарски“
Пловдив, България
stani@uni-plovdiv.bg

Емил Дойчев

Пловдив, България
e.doychev@uni-plovdiv.bg

LOVECH – AN ATTRACTIVE TOURIST DESTINATION

Boyan Belichev

University of Plovdiv “Paisii Hilendarski”,
Plovdiv, Bulgaria
boyanbelichev@uni-plovdiv.bg

Veneta Tabakova-Komslova

University of Plovdiv “Paisii Hilendarski”,
Plovdiv, Bulgaria
v.komsalova@uni-plovdiv.bg

Stanimir Stoyanov

University of Plovdiv “Paisii Hilendarski”,
Plovdiv, Bulgaria
stani@uni-plovdiv.bg

Emil Doychev

University of Plovdiv “Paisii Hilendarski”,
Plovdiv, Bulgaria
e.doychev@uni-plovdiv.bg

Abstract

In this article, we present a website with the motto “Discover the Magic of Lovech.” The purpose of the site is to provide tourists with information about the attractions in Lovech and its surrounding area. The website integrates a large language model (LLM) that operates in real time—with each request, a new prompt is generated for the model, and the user receives an up-to-date, personalized response. The system is not static with pre-generated content, but is implemented as a dynamic AI assistant that adapts its recommendations to the user’s specific needs.

The website also features various other functions, such as: detailed information about tourist attractions in Lovech and the region, dynamic and personalized generation of tourist itineraries, links to actual tourist attractions, and user feedback.

Keywords: Lovech, tourist destination, artificial intelligence, AI assistant, large language model (LLM), personalized tourist itinerary, dynamic content generation, website, attractions.

ВЪВЕДЕНИЕ

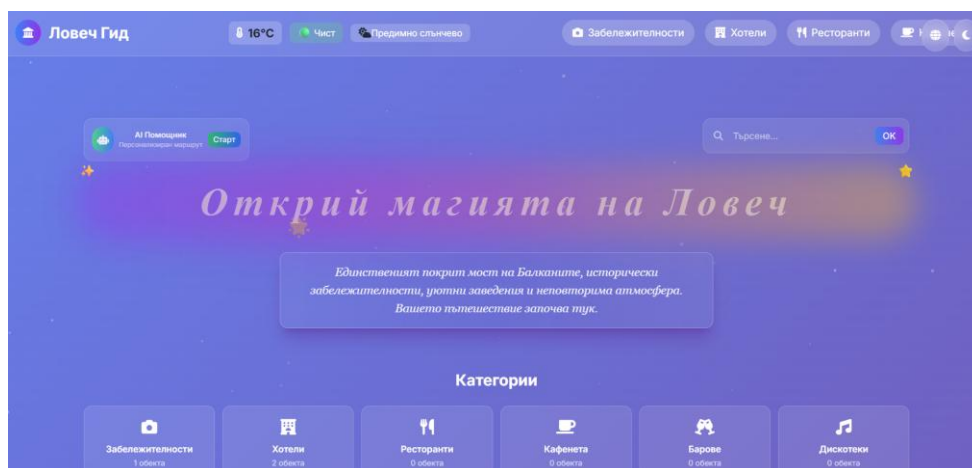
Ловеч е град с богата история и природни забележителности. Градът дава началото на Второто българско царство, провъзгласен е за революционна столица от Апостола на свободата, великият майстор Кольо Фичето изгражда единствения по рода си на Балканите “Покрит мост” и е наричан “Алтън Ловеч” (Златен Ловеч). В Ловеч са родени видни личности, като министър-председателят

на България по времето на Първата световна война Васил Радославов, един от най-значимите български писатели Димитър Димов, първият български космонавт Георги Иванов.

Този красив люляков град (в околностите преобладаващо цвете е люлякът) е една от предпочитаните туристически дестинации. Съществуват десетки сайтове, които представят забележителностите, историята, културното наследство и

културния живот, както и актуалните новини на град Ловеч. Така например, подробна информация за забележителностите на територията на Ловеч може да бъде намерена на туристическия портал на общината [1], както и в Туристическия информационен център [2]. Интересна информация за туристите е публикувана също на сайта [3].

Защо още един сайт? Основната идея на нашата разработка е, използвайки средства на изкуствения интелект да разработим сайт с различна динамика, който да бъде ефективен персонален помощник на посещаващите гр. Ловеч туристи и интересуващите се от забележителностите на града потребители. На Фиг.1. е дадена заглавната страница на сайта.

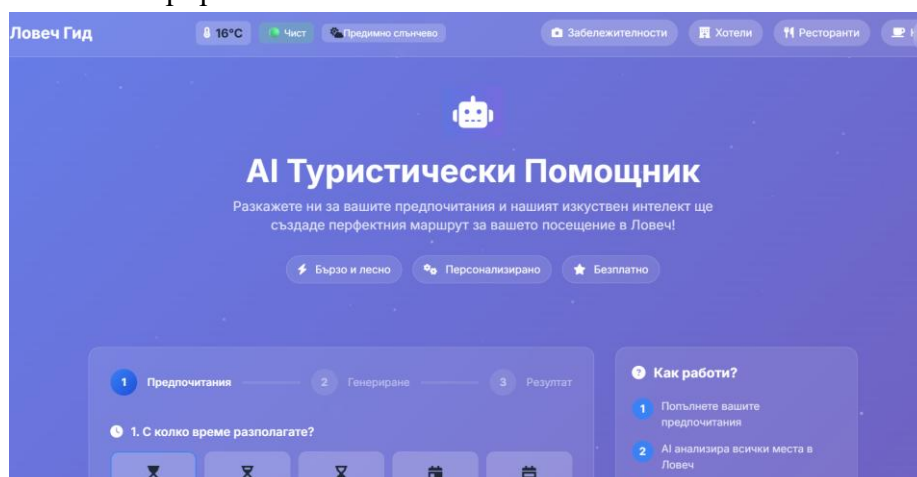


Фиг. 1. Заглавна страница на сайта

ФУНКЦИОНАЛНО ОПИСАНИЕ НА САЙТА

Сайтът не е статичен с предварително подготвено съдържание, а по-скоро работи в реално време и оперира като динамичен AI асистент (Фиг.2). Асистентът адаптира препоръките си според конкретните нужди на потребителя и при всяка заявка генерира ново запитване

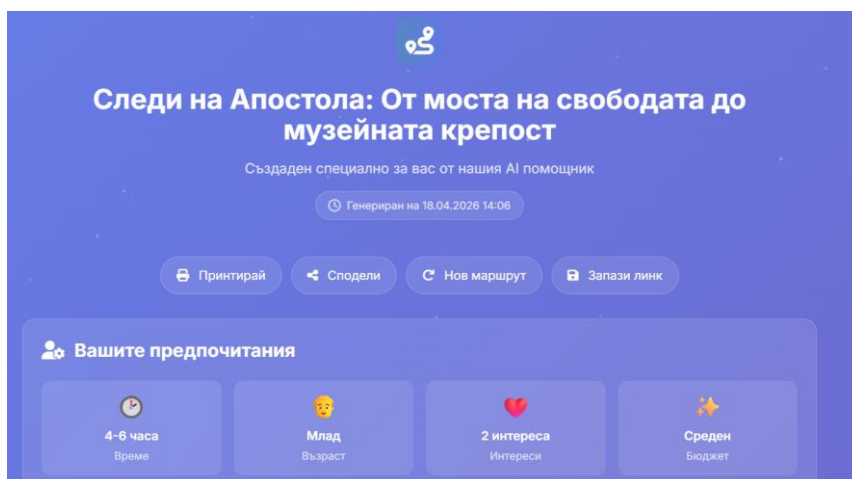
не към използвания голям езиков модел (в настоящата версия Deep Seek [4]). В отговор на заявката туристът получава актуален персонализиран отговор. AI асистентът е имплементиран като реактивен агент [5]. С такава архитектурата асистентът е в състояние да взаимодейства с различни услуги, бази данни и големи езикови модели [6].



Фиг.2. Динамичен AI асистент

В сайта са вградени различни услуги за туристите като например обща информация за забележителностите на Ловеч, детайлна информация за желан туристически обект, обратна връзка с потребителя. В тази статия ще представим по-подробно услугата “Предлагане на

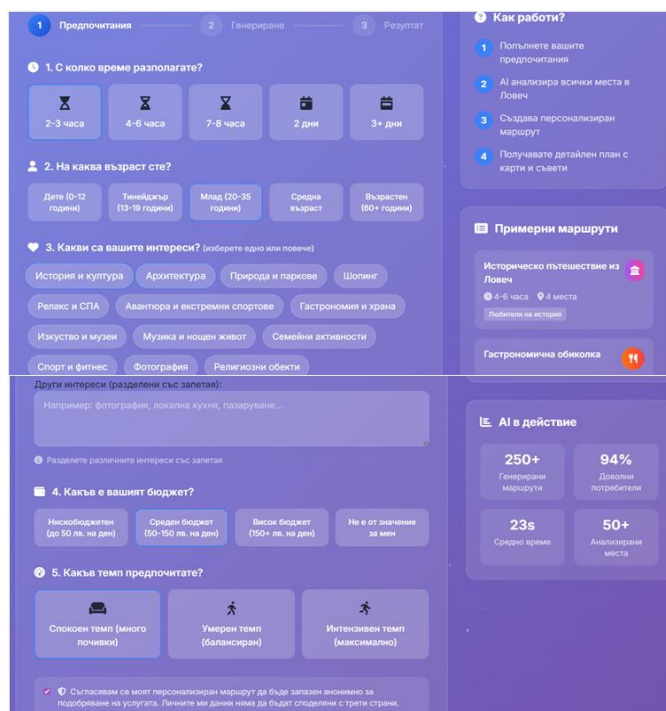
персонализиран туристически маршрут”. Активирайки тази услуга автоматично се генерира персонален туристически маршрут, в зависимост от предпочитанията на туриста. Нека приемем, че туристът желае маршрут, свързан с дейността и името на Васил Левски в Ловеч (Фиг.3.).



Фиг.3. Потребителски интерфейс на генериран AI маршрут

Персонализация на маршрута е възможна по пет основни групи предпочитания от туриста (Фиг.4.). Към първата група принадлежи времето с което разполага туриста (от 2-3 часа до 3+ дни), което позволява на AI асистента да пла-

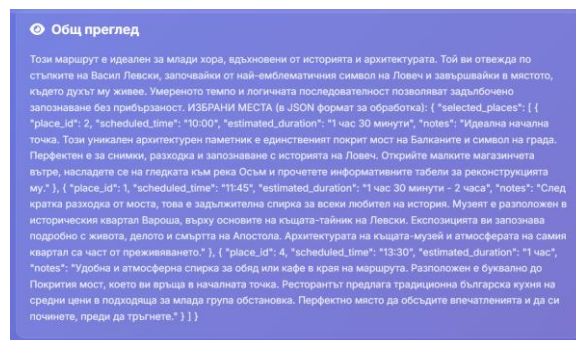
нира маршрути с различна продължителност. Второ, възрастовата група – от деца до възрастни хора, като различните групи имат различни нужди (например семействата се нуждаят от по-чести почивки и детски площадки).



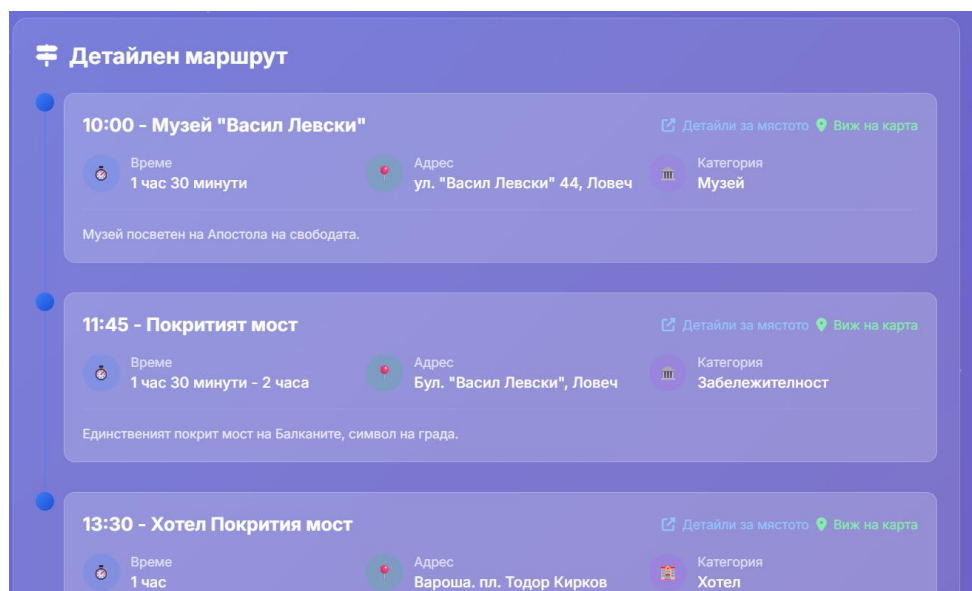
Фиг.4. Интерфейс за конфигуриране на входните данни за AI модела

В третата група критерии са включени различни интереси на туриста, като настоящата версия на системата предлага 14 предварително дефинирани категории като история, природа, гастрономия, плюс възможност за свободно писане на допълнителни интереси. Четвърто, бюджетът – нисък (до 50 евро. на ден), среден, висок или без значение. Пето, темпото – спокойно с много почивки, умерено или интензивно. Отчитайки избраните параметри AI асистентът генерира съответен персонализиран маршрут. Така например, за нисък бюджет той ще препоръча безплатни атракции и пешеходни маршрути, а за висок бюджет – платени музеи и ресторанти.

След като е предложен маршрута туристът може да направи общ преглед (Фиг. 5.) или детайлен преглед на включените обекти и предложеното разписание (Фиг.6.).



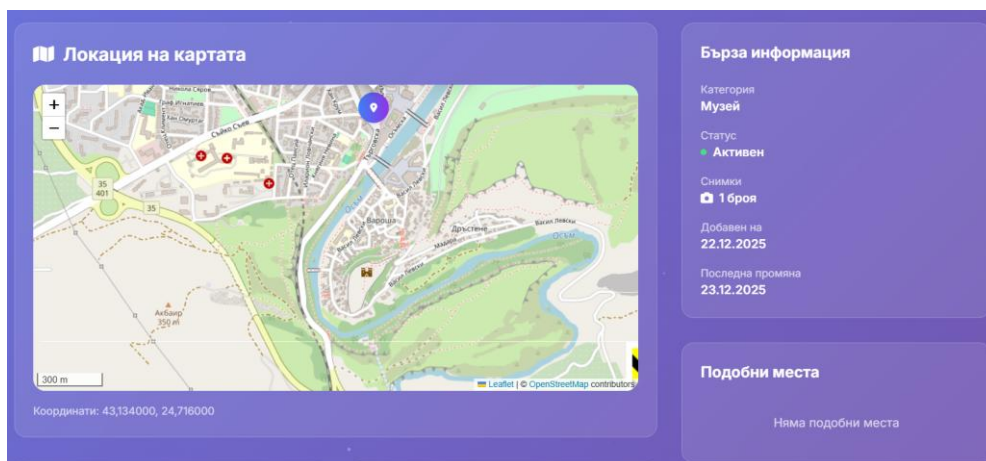
Фиг.5. Общ преглед на генерирания маршрут



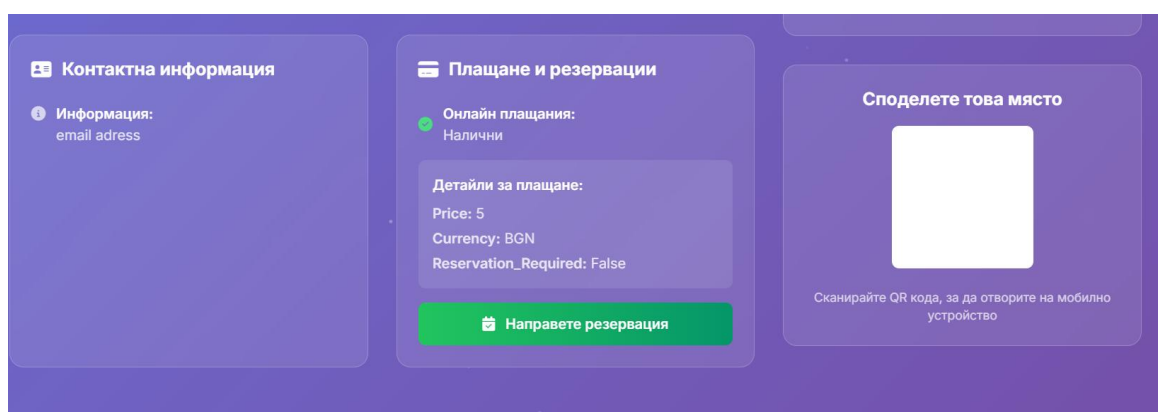
Фиг.6. Детайлен преглед на генерирания маршрут

Друга възможна информация, която асистентът може да предостави на туриста е локация на картата (Фиг. 7.) и

информация за контакти с обектите (Фиг.8.)

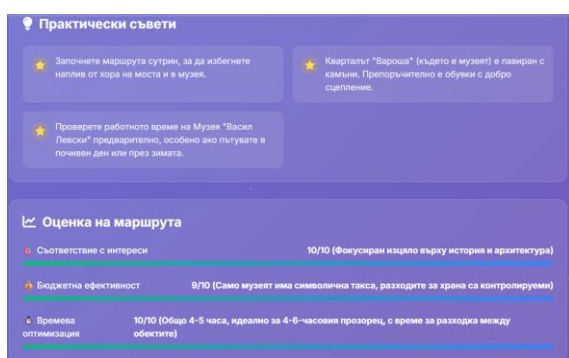


Фиг. 7. Локации на картата



Фиг. 8. Контактна информация

При желание туристът може да получи от AI асистента оценка на маршрута и практически съвети за неговото преминаване (Фиг.9.).



Фиг.9. Практически съвети и оценка на маршрута

Туристите могат да оценяват качеството на генерираните маршрути по скала

от 1 до 5 звезди (Фиг.10.). Освен общия рейтинг, потребителят може да избере тип на обратната връзка – общо впечатление, точност на информацията, полезност, пълнота на маршрута или друго. Има поле за свободен коментар. За подобряване използването на сайта AI асистентът е в състояние да съхранява също различна техническа информация, като например: анонимизиран IP адрес; потребителски агент на браузъра; флаг за анонимност на оценката. Използвайки тази информация администраторите могат да правят различни анализи – например, могат да разберат кои заявки генерират незадоволителни маршрути (нисък рейтинг) и съответно да подобрят промпта към големия езиков модел или да коригират данните в базата.

Фиг. 10. Оценка на туристически маршрут

За разлика от обикновените AI чатботове системата не разчита на общите познания за град Ловеч, а директно му подава реални, актуални данни от собствената база данни (наречена модел Place), където предварително са зададени туристическите обекти на града и района. Моделът Place съдържа богата информация за всяка туристическа дестинация в Ловеч: име, описание, категория (забележителност, хотел, ресторант, музей и др.), точен адрес, географски координати (ширина и дължина за карта), контактна информация, телефон, уебсайт, имейл, информация за онлайн плащания и др. Тези данни могат да бъдат филтрирани според интересите и бюджета на потребителя (тази филтрация може да се надгражда с допълнителни критерии). Филтрираните данни се вграждат директно в заявката, който се изпраща към големия езиков модел. По този начин се контролира LLM да не “халюцинира”, т.е. да “измисли” несъществуващи забележителности или да препоръча затворени обекти – той работи единствено с валидираните места от административния панел на сайта. Това гарантира, че всички препоръки са изпълними и актуални.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В тази статия е представена първата версия на туристически сайт за подпомагане на потребители, желаещи да се запознаят със забележителностите на Ловеч. Сайтът е реализиран като AI асис-

тент. Възможни са различни разширения на описания сайт. Тук ще представим накратко някои от тях.

В бъдеще високорейтинговите маршрути могат да се съхраняват и предлагат като “пожелателни” за нови потребители. Така, след като “разбере” предпочитанията на туриста AI асистентът ще селектира (а не генерира) подходящ маршрут. С използване на сайта във времето той ще става “по-умен” и по-бързо ще предлага подходящи маршрути на туристите.

Друго възможно разширение е предлагане на виртуални или смесени маршрути. В този случай моделът Place може да бъде разширен с клипове на туристическите маршрути. Желаният маршрут се генерира като виртуален (само от клипове на избраните обекти) или като смесен (част от обектите няма да бъдат посетени, а ще се разглеждат като клипове).

В сегашната версия е вградена възможност за директна връзка на потребителя с избран туристически обект. За да може да се използва тази възможност за резервации през сайта е необходима съгласуваност със съответните администрации (на хотели, ресторанти, музеи, изложби, ...) за разработване на подходящи интерфейси към техните резервационни системи. Понеже сайтът е замислен основно като информационен, сложен е проблемът с плащанията през него.

Функционалността и предназначението на сайта могат да бъдат също разширени – например, като сайт, поддържащ Ловеч като интелигентен град. За целта е необходимо да се изгради подходящи интерфейси към IoT мрежата на града. Така например, може да се симулира фотоволтаична енергийна система за „умен дом“, локализирана в гр. Ловеч, която да бъде базирана на реални метеорологични данни. Възможни са също симулации на фотоволтаични или вятър-

ни енергийни паркове, разположени в района на Ловеч с цел анализ на енергийния потенциал.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ловеч, туристически портал, <https://tourism.lovech.bg/>
[2] Туристически информационен център

- Ловеч, <https://www.facebook.com/ticlovec>
[3] Забележителности около Ловеч, <https://pochivka.bg/lovech-zabelezhitelnosti-g123>
[4] Deep Seek, <https://www.deepseek.com/en/>
[5] Michael Albada, Building Applications with AI Agents, O'Reilly, 2025.
[6] Denis Rothman, Context Engineering for Multi-Agent Systems, Packt, 2025.

**СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА АВТОНОМНИ AI АГЕНТИ ЗА БИЗНЕС
АНАЛИЗ: HERMES AGENT СРЕЩУ AGENT0****Стоян Тодоров Тодоров***Технически Университет – Габрово, катедра Автоматика**e-mail: stoyantodorovtodorov@yahoo.com***COMPARATIVE ANALYSIS OF AUTONOMOUS AI AGENTS FOR
BUSINESS ANALYTICS: HERMES AGENT VS AGENT0****Stoyan Todorov Todorov***Technical University of Gabrovo, Department of Automation**e-mail: stoyantodorovtodorov@yahoo.com***Abstract**

The paper presents a comparative analysis of the autonomous AI-agent frameworks Hermes Agent and Agent0 for business analytics applications. The evaluation focuses on contextual reasoning, workflow integration, scalability, explainability, and analytical consistency. Experimental scenarios include financial trend analysis, KPI interpretation, business-report summarization, and decision-support recommendations. The results show that Hermes Agent provides higher reliability, better context management, and improved integration with enterprise workflows. Agent0 demonstrates stronger autonomy and flexibility but lower stability in structured business environments. The study contributes to AI-driven business analytics methodologies and proposes a framework for evaluating autonomous analytical agents in enterprise settings.

Keywords: Artificial Intelligence; Autonomous Agents; Business Analytics; Large Language Models; Decision Support Systems

ВЪВЕДЕНИЕ

AI технологиите все по-често се внедряват в бизнес среда за автоматизиране на аналитичните процеси, повишаване на оперативната ефективност и подпомагане на стратегическото вземане на решения [6, 8]. През последните години автономните AI агенти, базирани на големи езикови модели (LLMs), създадоха нови възможности за интелигентен бизнес анализ, способен на сложни разсъждения, контекстуална интерпретация и динамично изпълнение на задачи [3, 4]. Тези агенти не просто обработват данни по предварително зададен алгоритъм, а планират последователност от действия, използват външни инструменти (API, бази данни, изчислителни среди) и адаптират поведението си според променящите се условия.

Традиционните BI системи разчитат на предварително дефинирани работни

процеси и структурирани данни. Те са ефективни за рутинни операции (месечни отчети, KPI табла), но се затрудняват с неструктурирани данни (имейли, протоколи, новинарски потоци) и интерпретация на неявни зависимости [7]. Съвременните организации се нуждаят от адаптивни системи, които разбират естествен език, интегрират разнородни източници и автономно генерират аналитични прозрения. AI агентите отговарят на тези предизвикателства чрез комбинация от езиково разбиране, разсъждение, управление на паметта и оркестрация на инструменти [1, 2]. Въпреки обещаващите резултати, липсва систематична рамка за сравнение на автономните AI агенти в домейна на бизнес аналитиката. Повечето публикации се фокусират върху обща производителност (напр. точност в QA задачи) или изследователски сценарии в игрови/симулационни

среди [5]. Корпоративните среди обаче налагат допълнителни изисквания: проследимост на решенията, работа с дълги контексти (годишни отчети, регулаторни документи), съвместимост със съществуващи работни потоци (ETL процеси, BI системи) и обяснимост на резултатите пред крайни потребители без технически познания [7, 8]. Тези аспекти остават недостатъчно проучени.

Статията изследва две съвременни рамки – Hermes Agent и Agent0 – оценявайки пригодността им за бизнес анализ. Изборът не е случаен: те представят два различни архитектурни подхода. Hermes Agent е модулна, корпоративно ориентирана рамка с акцент върху структурирано разсъждение, дългосрочна памет и интеграция с бизнес процеси [1, 5]. Agent0 следва по-експериментална парадигма с висока автономност, рекурсивно планиране и минимална предварителна конфигурация [2, 4].

Целта на изследването е да сравни двете системи по критерии, пряко свързани с корпоративните аналитични работни процеси. Дефинирани са четири експериментални сценария: анализ на финансови тенденции, интерпретация на KPI, обобщаване на бизнес отчети и генериране на препоръки за вземане на решения [6, 7]. Всеки сценарий симулира реалистична бизнес задача, изискваща разбиране на естествен език, количествена оценка, контекстуално свързване и представяне на резултати в подходяща за мениджъри форма.

Изследването идентифицира предимствата и ограниченията на всяка архитектура, определя коя рамка осигурява по-добра производителност и формулира препоръки за избор на агент според нуждите на организацията – например дали приоритет е гъвкавостта или стабилността [8]. В по-широк план, статията допринася за развитието на методологии за валидация на автономни AI системи в реални бизнес среди.

ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА И СВЪРЗАНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Разработването на автономни агенти, базирани на LLMs, е важно направление в AI и корпоративната автоматизация [1, 2]. Съвременните проучвания показват, че интелигентните агенти значително подобряват интерпретацията на данни, генерирането на отчети и аналитичното разсъждение в бизнес среда [6, 8]. За разлика от традиционните системи с предписани последователности от действия, автономните агенти планират, самонаблюдават се и адаптират поведението си според контекста [5].

1. Архитектурни компоненти

Автономните агенти комбинират няколко функционални компонента:

- **Обработка на естествен език (NLP)** – разбиране и генериране на текст за комуникация с потребители и интерпретация на неструктурирани бизнес документи [4].
- **Контекстуална памет** – краткосрочна (за текущата задача) и дългосрочна (исторически взаимодействия и извлечени знания) [3].
- **Механизми за планиране** – разбиране на сложни задачи на подзадачи, определяне на последователност и адаптиране на плана [1, 5].
- **Интеграция с външни инструменти** – използване на API, бази данни, изчислителни среди [4].
- **Итеративно разсъждение** – техники като Chain-of-Thought и самокритика за подобряване на качеството на изводите [2, 7].

2. Предизвикателства при внедряване в бизнес среда

Внедряването в реални корпоративни среди е съпроводено с предизвикателства [6, 8]: (1) поверителност и регулации – изисква се работа в защитени среди със строг контрол на достъпа; (2) обяснимост – резултатите трябва да са разбираеми за мениджъри и анализатори без технически познания [7]; (3) интеграция

– безпроблемно свързване със съществуващи BI системи, ETL процеси за извличане, трансформиране и зареждане на данн и корпоративни приложения [6].

3. Сравнителен анализ на съществуващи рамки

Hermes Agent е модулна архитектура, фокусирана върху структурирано разсъждение, управление на контекста и интеграция с корпоративни работни процеси [1, 3]. Ключови характеристики: постоянна контекстуална памет за последователност при дълги аналитични процеси [5]; динамична оркестрация на задачи към специализирани модули/инструменти; поддръжка на разнообразни API и бази данни (SQL, REST, Graph DB); структурирани аналитични патерни (SWOT, PESTLE, тренд идентификация); адаптивно изпълнение при нови данни или променени условия [2]. Подходящ за големи обеми контекстуална информация (годишни финансови отчети, пазарни проучвания, регулаторни анализи).

Agent0 е експериментална рамка, ориентирана към обобщено автономно изпълнение [2, 4]. Фокусира се върху рекурсивно разсъждение, автономно планиране и гъвкаво разделяне на задачите. За разлика от *Hermes Agent*, не разчита на предварително дефинирани работни процеси, а генерира динамично планове въз основа на текущия контекст и наличните инструменти [5]. Демонстрира висока автономност и адаптивност в изследователски сценарии (напр. открити задачи за анализ на данни без строга структура). Ограничения: липса на дъл-

госрочна памет между сесиите, слаба обяснимост, по-висока вероятност за отклонение от бизнес правилата [7, 8].

4. Свързани изследвания

Davenport и Ronanki [6] идентифицират три области на приложение: автоматизация на рутинни процеси, когнитивно подпомагане на решенията и ангажиране на клиенти/служители. Shrestha et al. [7] разглеждат как AI агентите променят организационните структури от йерархични към мрежови модели. Bommasani et al. [3] обсъждат необходимостта от надеждност и обяснимост на фундаменталните модели в корпоративни среди. Park et al. [5] представят генеративни агенти, симулиращи човешко поведение.

Съвременни разработки (2023–2025): Xi et al. [9] предоставят цялостен обзор на LLM-базирани агенти. Wang et al. [10] представят AutoGen – рамка за многокомпонентни агентни системи. Yao et al. [11] въвеждат "рефлексивни агенти" с вербална самокритика. Qian et al. [12] представят AgentBench – система за оценка в реални среди. Wu et al. [13] изследват агенти за бизнес документи. Hong et al. [14] представят MetaGPT с множество роли. Li et al. [15] предлагат метод за оценка на обяснимостта.

Липсва систематично сравнение между различни архитектурни подходи за автономни агенти в бизнес аналитиката. Не са достатъчно проучени компромисите между автономност (самостоятелно планиране) и структурираност (спазване на бизнес правила). Настоящото изследване запълва тази празнина.

Табл. 1. Сравнение на характеристиките на *Hermes Agent* и *Agent0*

Критерий	Hermes Agent	Agent0
Архитектурен подход	Модулна, корпоративно ориентирана	Експериментална, общоцелева
Контекстуална памет	Постоянна (дългосрочна)	Краткосрочна (само в рамките на сесия)
Планиране	Структурирано, с предварително дефинирани патерни	Рекурсивно, динамично генерирано
Интеграция с инстру-	Широка (SQL, REST, Graph	Ограничена (основно API и

менти	DB, BI системи)	файлова система)
Обяснимост на резултатите	Висока – генерира проследими обосновки	Ниска – "черна кутия"
Надеждност в структурирана среда	Висока	Средна до ниска
Автономност	Средна (следва зададени правила)	Висока (самостоятелно планиране)
Гъвкавост	Средна (нуждае се от конфигурация)	Висока (работи "извън кутията")
Масштабируемост	Висока (модулна архитектура)	Средна (ограничения в паметта)
Поддръжка на дълъг контекст	Да (до 100K токена)	Ограничена (до 8K токена)
Самокорекция	Да (чрез структурирани цикли)	Да (чрез рефлексивно разсъждение)
Подходящ за	Финансов анализ, KPI интерпретация	Изследователски анализ, прототипиране

МЕТОДОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Сравнителният анализ е извършен чрез експериментални сценарии за бизнес анализ, фокусирани върху способността на двата агента за аналитично

разсъждение, интерпретация на бизнес данни и генериране на структурирани резултати [6, 7].

1. Оценъчни критерии

Дефинирани са пет основни критерия [8, 12]:

Табл. 2. Основни критерии за анализ

Критерий	Описание	Метод на измерване
Контекстуална последователност	Логическа връзка между отделните стъпки на анализа	Ръчна експертна оценка (скала 1–5)
Структурираност на резултатите	Степен на организираност (таблици, резюмета, препоръки)	Брой структурни елементи / обща дължина
Обяснимост	Възможност за проследяване на логиката на решенията	Скала за оценка на потребителско доверие [15]
Аналитична стабилност	Повторяемост на резултатите при многократно изпълнение	Коефициент на вариация
Време за изпълнение	Общо време от заявка до окончателен отговор	Измерване в секунди

2. Експериментална среда

Експериментите са проведени при идентични хардуерни условия: сървър с 32 GB RAM, 8-ядрен процесор (Intel Xeon), достъп до интернет за API извиквания. И двата агента използват една и съща базова LLM конфигурация (GPT-4, температура 0.2 за детерминистични отговори). Всеки сценарий е изпълнен по 5 пъти за оценка на стабилността [4].

3. Експериментални сценарии

Сценарий 1 – Анализ на финансови тенденции

- **Описание:** Анализ на финансови показатели (приходи, разходи, печалба, марж) за 12 тримесечия.
- **Очаквани резултати:** Идентифициране на сезонни модели, темпове на растеж, прогноза за следващото тримесечие.

- **Резултати:** Hermes Agent демонстрира по-добра контекстуална последователност и структурирани обобщения (автоматична таблица с тенденции и резюме). Agent0 идентифицира тенденциите, но представянето е непоследователно. *Средна оценка за контекстуална последователност: Hermes 4.7/5; Agent0 3.2/5.*

Сценарий 2 – Интерпретация на KPI показатели

- **Описание:** Обработка на KPI от 5 отдела (продажби, маркетинг, производство, логистика, обслужване на клиенти) – 15 KPI с цели и реални стойности за 6 месеца.
- **Очаквани резултати:** Приоритизиране на отделите с най-големи отклонения, идентифициране на корелации между KPI.
- **Резултати:** Hermes Agent предостави по-ясно приоритизиране и идентифицира 4 от 5 корелации (напр. спад в маркетинговия ROI корелира с увеличение на SAC). Agent0 разпозна индивидуални отклонения (1 от 5 корелации), но не установи връзки; при многократни изпълнения генерира различни приоритети (стабилност 60% срещу 100% за Hermes).

Сценарий 3 – Обобщаване на бизнес отчети

- **Описание:** Обобщаване на обемни отчети (средно 25 стр./12 000 думи) – годишен финансов отчет, пазарно проучване, вътрешен оперативен доклад [13].
- **Очаквани резултати:** Резюме до 500 думи с ключови констатации, проблемни области и препоръки.
- **Резултати:** Hermes Agent създаде свързани, обясними резюмета с референции към по-ранни части на документа (постоянна контекстуална памет [1,3]). Agent0 генерира по-кратки резюмета, но пропуска важни детайли; при най-дългия отчет достигна контекстния лимит от 8K токена и не го обработи. *Точност на фактите: Hermes 94%; Agent0*

71%.

Сценарий 4 – Препоръки за подпомагане на вземането на решения

- **Описание:** Генериране на стратегически препоръки от три източника (финансови отчети, KPI резултати, външни пазарни индикатори) – интеграция на разнородна информация [7, 8].
- **Очаквани резултати:** 3–5 препоръки с обосновка, очаквано въздействие и индикатори за успех.
- **Резултати:** Agent0 демонстрира креативност (нестандартни подходи – реорганизация на продуктовото портфолио, динамично ценообразуване), но понякога генерира непоследователни заключения (противоречие с данни или нереалистични препоръки). Hermes Agent поддържа висока надеждност и стабилност – всички препоръки са пряко обосновани с данни и проследими обосновки [15]. *Изпълними и обосновани препоръки (от 5): Hermes 4.2; Agent0 2.8.*

Сценарий 5 – Оценка на сигурност и съответствие

- **Описание:** Оценка на способността за разпознаване на чувствителна информация, спазване на корпоративни политики и регулаторни изисквания (GDPR, HIPAA, финансови регулации) [7, 8]. Предоставени са 20 документа с лични данни, поверителна финансова информация и класификация "Вътрешно ползване"/"Поверително".
- **Очаквани резултати:** Правилно идентифициране на чувствителна информация, прилагане на мерки за защита (анонимизация/маскиране/отказ), генериране на съответстващи резултати, доклад за рискове.
- **Процедура:** Инструкции за анализ, прилагане на GDPR принципи, документиране на нарушения. Три подсценария: (5.1) откриване на чувствителни данни; (5.2) анонимизация; (5.3) отказ при липса на съгласие.

Табл. 3. Резултати от сценарий 5

Под-сценарий	Hermes Agent	Agent0
5.1 – Откриване на чувствителни данни	100% (20/20)	65% (13/20) + 3 фалшиви аларми
5.2 – Анонимизация	Пълна – всички лични данни маскирани	Частична – някои данни остават неанонимизирани
5.3 – Отказ при липса на съгласие	Коректен отказ с обосновка (4/4)	Не разпозна ограничението (0/4) – обработи данните

- **Анализ:** Hermes Agent автоматично разпознава лични данни, прилага анонимизация преди доклада, предоставя обяснение (напр. "Съгласно GDPR член 5, данните бяха псевдонимизирани"), отказва обработка при липса на съгласие. Agent0 пропуска по-фини индикатори, не анонимизира последователно, не разпозна ограничението за липса на съгласие. *Оценка на съответствие с GDPR (1–5): Hermes 4.8; Agent0 1.5.*

Сценарий 6 – Обработка на неструктурирани данни от социални медии

- **Описание:** Анализ на 500 публикации (Twitter/X, LinkedIn, Facebook, потребителски отзиви; общо ~45 000 думи) от хипотетичен продуктов старт [3, 9]. Данните включват положителни/отрицателни/неутрални отзиви, за-

питвания, жалби, конкурентна информация, непълни/граматически неправилни съобщения (сленг, съкращения, емотикони).

- **Очаквани резултати:** Анализ на настроението, идентифициране на най-честите теми и проблеми, извличане на ключови прозрения, препоръки.
- **Резултати:** Hermes Agent класифицира 94.4% от публикациите с правилно настроение, идентифицира 6 теми, генерира структуриран доклад с таблица на честотите и времева диаграма. Agent0 класифицира 77.8% правилно, идентифицира 5 теми (пропусна сравнението с конкуренти), генерира по-кратък и по-малко структуриран доклад; при сленг ("this is sick!") интерпретира погрешно настроението. *Време за обработка: Hermes 142 сек; Agent0 98 сек.*

Табл. 4. Количествени резултати (сценарий 6)

Метрика	Hermes Agent	Agent0
Точност на анализ на настроението	94.4%	77.8%
Идентифицирани теми (от 6)	6 (100%)	5 (83%)
Структурираност на доклада (1–5)	4.6	3.1
Обоснованост на препоръките (1–5)	4.5	3.0

4. Процедура по оценяване

Всеки сценарий е изпълнен пет пъти за всеки агент, с рандомизиран ред за елиминиране на ефекта на учене. Резултатите са записвани автоматично (време,

брой извиквания на инструменти) и оценявани ръчно от двама независими експерти по бизнес анализ; при несъгласие – консенсус.

Табл. 5. Обобщена таблица на всичките 6 сценария

Сценарий	Ключова метрика	Hermes Agent	Agent0
1 – Финансови тенденции	Контекстуална последователност (1–5)	4.7	3.2
2 – KPI интерпретация	Идентифицирани корелации (от 5)	4	1
3 – Обобщаване на отчети	Точност на факти (%)	94%	71%
4 – Препоръки за решения	Изпълними препоръки (от 5)	4.2	2.8
5 – Сигурност и съответствие	Спазване на GDPR (1–5)	4.8	1.5
6 – Социални медии	Точност на анализ на настроение-то	94.4%	77.8%
Средна стойност	–	4.35	2.56

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Експерименталната оценка разкрива съществени различия и ясни компроми-

си: структурираност срещу автономност, надеждност срещу гъвкавост, обяснимост срещу креативност [6, 7, 12].

Табл. 6. Сравнителни резултати (скала 1–5; по-високата стойност е по-добра, освен за време за изпълнение)

Критерий	Hermes Agent	Agent0	Разлика
Контекстуална последователност	4.7	3.2	+1.5
Структурираност на резултатите	4.6	3.1	+1.5
Обяснимост	4.5	2.5	+2.0
Аналитична стабилност	4.8	2.8	+2.0
Сигурност и съответствие	4.8	1.5	+3.3
Точност на анализ (данни)	4.6	3.2	+1.4
Креативност при препоръки	3.5	4.0	-0.5
Време за изпълнение (скорост)	3.2	4.2	-1.0
Средна стойност	4.34	3.06	+1.28

Силни страни на Hermes Agent:

- **Работа с дълъг контекст** – постоянна контекстуална памет [1,3] позволява обработка до 100K токена (94% точност при обобщаване; Agent0 достигна лимит от 8K).
- **Структуриран анализ** – последователно организирани резултати (таблицы, резюмета, приоритизирани препоръки); идентифицира 4 от 5 корелации при KPI (Agent0 – 1).
- **Координация на работни процеси** – модулната архитектура [2,14] интегрира данни от различни източници с цитати от изходните документи.
- **Обясними резултати** – проследими обосновки с препратки към данни и аналитични правила; при сигурност –

позоваване на конкретни членове от GDPR [15].

- **Интеграция с бизнес процеси** – широка поддръжка на външни инструменти (SQL, REST API, Graph DB, BI системи) [10].
- **Сигурност и съответствие** – 100% точност при откриване на чувствителни данни, пълно съответствие с GDPR [16,18].

Силни страни на Agent0:

- **Креативност при препоръки** – нестандартни подходи (реорганизация на портфолио, динамично ценообразуване) извън предварително дефинираните патерни [5,11].
- **Скорост на изпълнение** – с 31% по-бърз (98 сек срещу 142 сек при анализ

80

на 500 публикации).

- **Гъвкавост при неочаквани задачи**
– не разчита на предварително дефинирани работни процеси, подходящ за

изследователски контекст и прототипиране [9].

Компромис между надеждност и автономност:

Табл. 7. Компромис между надеждност и автономност

Характеристика	Hermes Agent	Agent0
Надеждност (стабилност, повтораемост)	Висока	Ниска
Автономност (самостоятелно планиране)	Средна	Висока
Предвидимост на резултатите	Висока	Ниска
Способност за отклонение от правилата	Ниска	Висока
Подходящ за	Регулирани среди, критични приложения	Изследвания, прототипи, креативни задачи

Hermes Agent е оптимизиран за среди с висока цена на грешка (финансови анализи, регулации); Agent0 – за експлораторни сценарии с приоритет на креативност и скорост [1,2].

Анализ на грешките и ограниченията:

- *Hermes Agent*: по-бавно време за реакция (средно с 28%), по-малко креа-

тивен (3.5 срещу 4.0), изисква предва-рителна конфигурация.

- *Agent0*: ниска стабилност (40% вариация при многократно изпълнение на сценарий 2), лошо справяне с дълъг контекст (лимит при >8K токена), необясними резултати, сериозни пропуски в сигурността.

Някои практически препоръки за избор на агент са представени в таблица 8.

Табл. 8. Препоръки според бизнес контекста

Бизнес контекст	Препоръчан агент	Обосновка
Финансов анализ, одит, регулаторни отчети	Hermes Agent	Висока надеждност, обяснимост, съответствие
Маркетингов анализ на социални медии	Hermes Agent (балансиран) / Agent0 (за скорост)	Компромис между точност и скорост
Изследователски анализи, прототипиране	Agent0	Висока гъвкавост и креативност
Среди с лични данни (GDPR, HIPAA)	Hermes Agent	Единствено Agent0 не отговаря на изискванията
Системи за подпомагане на решения	Hermes Agent	Изисква се проследимост и обяснимост

Ограничения на изследването: (1) контролирана среда с предварително подготвени данни; (2) субективни компоненти при оценка на креативност и обяснимост; (3) липса на проследяване на дългосрочно поведение [3,12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследването представя сравнителен анализ на Hermes Agent и Agent0 в контекста на бизнес анализ чрез експериментални сценарии, обхващащи финансов анализ, KPI интерпретация, обобщаване на отчети, подпомагане на решения,

сигурност/GDPR и анализ на социални медии.

Резултатите показват съществени архитектурни и функционални различия. **Hermes Agent** демонстрира висока надеждност при сложни аналитични задачи, дълги контексти и структурирани бизнес процеси. Осигурява последователни и обясними резултати – критично при управленски решения и работа в среди с високи изисквания за проследимост и регулаторно съответствие. **Agent0** се отличава с по-висока автономност, адаптивност и динамично планиране – подходящ за изследователски задачи, експериментални приложения и бързо откриване на нови решения, но с компромиси в предсказуемостта, обяснимостта и контрола.

Не съществува универсално решение. Изборът на агент трябва да се съобразява с конкретните бизнес изисквания, необходимото ниво на контрол, ограниченията за сигурност и характера на задачите. За критични корпоративни приложения, изискващи надеждност, проследимост и регулаторно съответствие, **Hermes Agent** показва по-добри резултати. За задачи, ориентирани към иновации, експериментиране и автономно откриване на решения, **Agent0** предлага значителни предимства.

Изследването допринася за по-доброто разбиране на възможностите и ограниченията на съвременните автономни AI агенти в бизнес аналитиката и предоставя практически насоки за избор на агентна архитектура според приложения контекст. Бъдещите изследвания могат да се насочат към хибридни архитектури, съчетаващи надеждността и обяснимостта на структурирания подход с гъвкавостта и автономността на агентните системи от ново поколение.

ЛИТЕРАТУРА

[1] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Pearson, 2021.

[2] M. Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, 3rd ed. Wiley, 2020.

[3] R. Bommasani et al., "On the opportunities and risks of foundation models," Stanford University, arXiv:2108.07258, 2022.

[4] OpenAI, "GPT-4 technical report," 2023.

[5] J. S. Park et al., "Generative agents: Interactive simulacra of human behavior," *Proc. UIST '23*, 2023, pp. 1–22.

[6] T. H. Davenport and D. Ronanki, "Artificial intelligence for the real world," *Harvard Bus. Rev.*, vol. 96, no. 1, pp. 108–116, 2018.

[7] Y. R. Shrestha, S. M. Ben-Menahem, and G. von Krogh, "Organizational decision-making structures in the age of artificial intelligence," *California Manage. Rev.*, vol. 61, no. 4, pp. 66–86, 2019.

[8] E. Brynjolfsson and A. McAfee, *The Second Machine Age*. W. W. Norton & Company, 2016.

[9] Z. Xi et al., "The rise and potential of large language model based agents: A survey," arXiv preprint, 2023.

[10] Q. Wu et al., "AutoGen: Enabling next-generation LLM applications via multi-agent conversation," arXiv preprint, 2023.

[11] S. Yao et al., "Reflexion: Language agents with verbal reinforcement learning," *Proc. NeurIPS 2023*, 2023.

[12] C. Qian et al., "AgentBench: Evaluating LLMs as agents," arXiv preprint, 2023.

[13] Q. Wu, B. Li, and Y. Zhang, "Autonomous agents for business document analysis," *Proc. EMNLP 2023*, 2023, pp. 245–258.

[14] S. Hong et al., "MetaGPT: Meta programming for multi-agent collaborative framework," arXiv preprint, 2023.

[15] Y. Li, J. Yang, Y. Wen, and X. Wang, "Evaluating explainability of LLM-based agents in business analytics," *Proc. EMNLP 2023*, 2023, pp. 1123–1138.

[16] E. Brynjolfsson, A. R. Bapna, and M. K. Hong, "The economics of AI and privacy," *Management Science*, vol. 68, no. 3, pp. 1711–1728, 2022.

[17] F. Zhang, H. Zhang, and Y. Liu, "Sentiment analysis in social media: A survey," *ACM Comput. Surv.*, vol. 54, no. 6, pp. 1–37, 2022.

[18] R. Schwartz, A. Soltani, and D. K. Mulligan, "GDPR compliance for AI systems," *Berkeley Technol. Law J.*, vol. 36, no. 2, pp. 527–584, 2021.

РАЗШИРЕНИЕ ЗА НАБЛЮДЕНИЕ НА OPENFLOW СЪОБЩЕНИЯ В
РЕАЛНО ВРЕМЕ ЗА SDN КОНТРОЛЕР RYU

Цветан Радославов Райков

Технически Университет - Габрово

AN EXTENSION TO RYU SDN CONTROLLER FOR REAL-TIME
MESSAGES MONITORING

Tsvetan Radoslavov Raykov

Technical University - Gabrovo

Abstract

Software Defined Network is a modern approach in networking, which allows central monitoring and control of the network, through a specialized software – controller. Many controllers exist, both open-source and commercial. The goal of this work is to create a software module for the Ryu controller, that allows real-time monitoring of the messages exchanged between the controller and network devices in a graphical user interface. It is integrated into an SDN lab platform built on Mininet, Ryu, and Blazor Server .NET 9 and correctly decodes all OpenFlow message types while serving multiple clients simultaneously. Compared with the existing solutions, it works as an internal Ryu application without need of additional infrastructure, creates structured JSON objects, and supports many WebSocket clients simultaneously.

Keywords: Software-Defined Networking, OpenFlow, real-time observability, Ryu controller, WebSocket, protocol message monitoring.

ВЪВЕДЕНИЕ

При SDN архитектурата управляващата равнина е логически отделена от равнината на данните — контролерът програмира поведението на мрежовите устройства чрез стандартизирани протоколи [1]. Протоколът OpenFlow [2] е механизмът, чрез който контролерът инсталира правила за препращане в таблиците на комутаторите и получава обратна връзка за портовете, изтеклите правила и неразпознатите пакети. Ryu [3] е SDN контролер с отворен код, написан на Python от NTT Laboratories. Мрежовите приложения се изпълняват като отделни модули в общ процес и комуникират чрез вътрешна събитийна шина. Ryu поддържа OpenFlow версии 1.0–1.5, включва библиотеки за анализ на пакети (ryu.lib.packet) и WSGI сървър за HTTP/WebSocket крайни точки.

Въпреки че OpenFlow спецификацията [4] дефинира асинхронни съобщения (PACKET_IN, PORT_STATUS,

FLOW_REMOVED, ERROR), повечето SDN контролери не предоставят директен механизъм за наблюдение на тези съобщения в реално време. Операторът разполага с два подхода: (1) периодично запитване на контролера чрез REST API за агрегирани статистики — статична моментна снимка без хронология на събитията; или (2) прихващане на OpenFlow трафика с Wireshark — което изисква допълнителна инфраструктура и ръчно декодиране.

Когато оператор конфигурира маршрут и забележи неочаквано поведение, е необходимо да реконструира последователността от OpenFlow събития, довели до текущото състояние. Без наблюдение върху непрекъснатия поток от събития тази реконструкция е невъзможна само чрез статични заявки.

СЪЩЕСТВУВАЩИ РЕШЕНИЯ

Вграденото в Ryu контролера приложение ofctl_rest работи с pull модел и

изисква клиентът да инициира запитване на определен интервал. При 1 секунда и 3 комутатора това генерира минимум 3 HTTP заявки в секунда. При него липсва хронология. То показва текущото състояние, но не казва кога или защо е настъпила промяна, както и не обработва събитието PACKET_IN.

Wireshark декодира пълния OpenFlow стек при прихващане на TCP трафика между комутатор и контролер. Изисква обаче SPAN (Switch Port Analyzer) порт или мрежов TAP (Test Access Point) и отделна работна станция. Изходът е предназначен за визуален анализ — интеграцията с управленско приложение изисква декодиране на pcap файлове или TShark. Едновременното наблюдение от множество клиенти изисква множество SPAN сесии или централизиран колектор.

In-band Network Telemetry (INT) [5, 6] вгражда телеметрични данни в заглавията на пакетите, преминаващи през мрежата, и позволява наблюдение на латентност и загуби на ниво пакет. INT работи на ниво равнина на данните — следи какво се случва с пакетите вътре в мрежата, изисква P4-съвместими комутатори (напр. Barefoot Tofino) и не е приложим в среди с OVS. В среди с P4 поддръжка двата механизма биха работили заедно.

АРХИТЕКТУРА НА ПЛАТФОРМАТА

Платформата следва тристепенна SDN архитектура [1], реализирана в Docker контейнери:

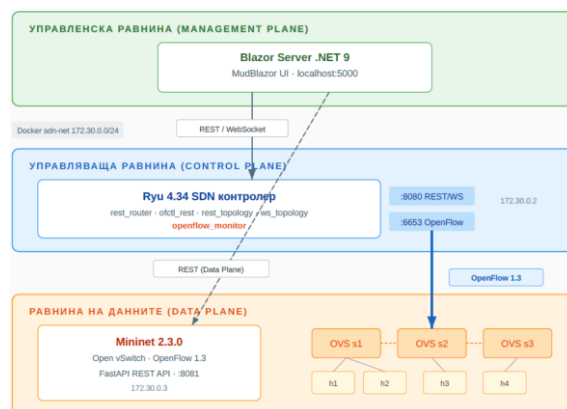
- Равнина на данните (Data Plane) — Mininet 2.3.0 [7] (Ubuntu 22.04 Docker контейнер), емулиращ Open vSwitch (OVS) комутатори с поддръжка на OpenFlow 1.3 [8], управляван чрез FastAPI REST API на порт 8081.

- Управляваща равнина (Control Plane) — Ryu 4.34 SDN контролер (Ubuntu 20.04 Docker контейнер), изпъл-

няващ пет модула: rest_router (L3 (Layer 3) маршрутизация), ofctl_rest (статистики и управление на потоци), rest_topology (LLDP (Link Layer Discovery Protocol) — базирано откритие на топология), ws_topology (WebSocket уведомления за промени в топологията) и openflow_monitor (наблюдаемост в реално време).

- Управленска равнина (Management Plane) — уеб приложение Blazor Server .NET 9 с MudBlazor интерфейс, комуникиращо с контролера единствено чрез REST API (с изключение на страницата за равнината на данните, която извиква и Mininet API).

Архитектурата е показана на фиг. 1.



Фиг. 1. Обща архитектура на платформата

РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПРИЛОЖЕНИЕТО

1. Архитектурен модел

Приложението openflow_monitor.py е реализирано като клас OpenFlowMonitor наследяващ

ryu.base.app_manager.RyuApp. Приложението декларира зависимост от WSGI контекста (`_CONTEXTS = {'wsgi': WSGIApplication}`) и при инициализация регистрира WSGI контролер (OpenFlowMonitorController), обслужващ WebSocket крайната точка.

Мониторът получава OpenFlow съобщения чрез `@set_ev_cls`, преобразува събитията в структурирани JSON обекти и ги излъчва към всички свързани кли-

енти в `_clients` (Python set). Всеки клиент се обслужва от отделна `greenlet` нишка (`eventlet`), блокираща на `ws.wait()` до прекъсване на връзката.

2. Обработвани типове OpenFlow съобщения

Приложението обработва пет типа асинхронни OpenFlow съобщения, дефинирани в спецификацията OpenFlow 1.3 [4]:

`FEATURES_REPLY` — отговор на комутатора при установяване на OpenFlow сесия, съдържащ неговите възможности (брой буфери, брой потокови таблици).

`PORT_STATUS` — уведомление за промяна в статуса на порт (добавяне, премахване или промяна), чрез което контролерът следи топологията в реално време.

`PACKET_IN` — пакет, за който комутаторът не е намерил съвпадащо правило и го препраща към контролера. Най-честите случаи са ARP заявки и LLDP пакети за откритие на топология.

`FLOW_REMOVED` — уведомление за премахнато потоково правило (поради изтичане на таймаут или изрична команда), придружено от статистика за обработените пакети и байтове.

`ERROR` — грешка от комутатора при невъзможност да изпълни команда (например невалидно потоково правило).

3. Декодиране на `PACKET_IN` пакети.

При `PACKET_IN` събитие приложението извлича суровите данни и ги парсва чрез `ryu.lib.packet`. Стъпките са:

3.1. Ethernet заглавие (`ethernet.ethernet`) — MAC адреси на източник и получател.

3.2. ARP пакет (`arp.arp`) — при съвпадение се извличат операцията (`REQUEST/REPLY`) и IP адресите.

3.3 IPv4 пакет (`ipv4.ipv4`) — при съвпадение се извличат IP адресите и протоколният номер, преобразуван в четимо име: ICMP (1), TCP (6), UDP (17), OSPF (89).

3.4. За всички останали Ethernet кадри се записва `EtherType` в шестнадесетичен формат.

4. WebSocket крайна точка

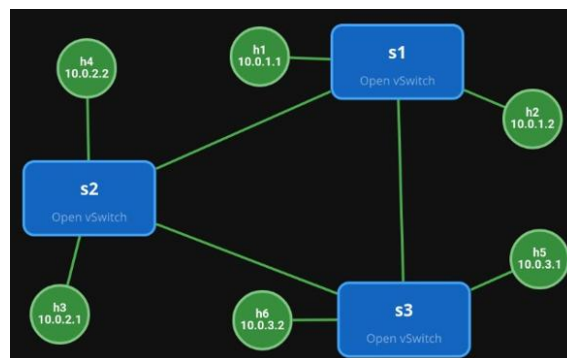
WebSocket крайната точка е регистрирана на `/v1.0/openflow/ws` чрез декоратора `@websocket` на Ryu WSGI подсистемата. Всяка клиентска връзка се обслужва от блокиращ цикъл в `greenlet` нишка на `eventlet`. Входящи съобщения от клиента се прочитат, но не се обработват — протоколът е еднопосочен. При затваряне на връзката клиентът се премахва от множеството.

Избран е WebSocket пред SSE (Server-Sent Events) и HTTP long-polling по две причини: Ryu WSGI предоставя вграден декоратор `@websocket` без допълнителни зависимости; и WebSocket осигурява двупосочен канал с минимален overhead (2 байта на кадър), което има значение при висока честота на OpenFlow събития.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

1. Тестова топология

Тестовата топология е представена на фигура 2.



Фиг. 2. Тестова топология

Тестовата топология е изградена от три OVS комутатора (`s1`, `s2`, `s3`) в пълна свързаност, образуващи триъгълник. Към всеки комутатор са свързани по 2 хоста — общо 6 хоста в 3 подмрежи и 3 транзитни подмрежи между комутаторите. Всеки комутатор е конфигуриран като L3 маршрутизатор чрез `rest_router`

API с адрес на шлюз за локалната подмрежа, двете съседни транзитни подмрежи и статични маршрути към отдалечените подмрежи.

2. Статистики на потоките таблици

При пълна конфигурация всеки комутатор поддържа 18 потокови правила, общо 54 за цялата топология.

Таблица 1 показва разбивката по приоритет за комутатор s1.

Табл. 1 Разбивка на потоките правила за комутатор s1 (17 правила общо)

Приоритет	Брой	Предназначение	Пакети
65535	1	LLDP прихващане (topology discovery)	4593810
1037	3	Прихващане на трафик към адреси на шлюза	0
36	3	OUTPUT:NORMAL — вътрешно-подмрежово L2 (Layer 2) препращане	16
35	2	Препращане към конкретен хост (idle_timeout=1800s)	16
26	3	Подмрежова маршрутизация	70
2	3	Прихващане на първи пакет към контролера	5
1	1	ARP прихващане (dl_type=2054)	10 385
0	1	Правило по подразбиране (OUTPUT:NORMAL)	0

Потокова таблица 0 показва приблизително 4 600 000 търсения и 4 600 000 съвпадения. Повечето търсения са от LLDP рамки на rest_topology — приблизително 12 кадъра на цикъл.

3. Латентност на ICMP свързаност

Направени са по 20 ICMP ping заявки за всеки път при установено състояние (правилата вече инсталирани).

Средната латентност при два L3 скока (0,079–0,138 ms) е сравнима с вътрешно-подмрежовата (0,137 ms).

TTL=62 потвърждава декрементирането на TTL на всеки скок чрез

DEC_NW_TTL в правилата с приоритет 26.

Пълният тест за свързаност (pingall) показва 30 от 30 успешни двойки (0% загуба). Латентността на първия пакет (при празни таблици, с ARP резолюция и инсталиране на правила) е приблизително 5–10 ms, измерена чрез ping -с 1 при първоначално свързване.

Резултатите са показани в Таблица 2.

Табл. 2 ICMP латентност при установено състояние

Път	Скокове	TTL	min (ms)	avg (ms)	max (ms)	mdev (ms)
h1 -> h2 (един комутатор)	0	64	0,035	0,137	1,428	0,296
h1 -> h3 (s1 -> s2)	2	62	0,037	0,138	1,292	0,266
h3 -> h1 (s2 -> s1)	2	62	0,052	0,079	0,132	0,024
h5 -> h1 (s3 -> s1)	2	62	0,051	0,110	0,526	0,101

4. Наблюдавани OpenFlow събития

Мониторът регистрира и петте типа събития.

FEATURES_REPLY — по едно съобщение при свързване на всеки от трите комутатора.

PORT_STATUS — съобщения за добавяне, модифициране и премахване на портове. При зареждане на топология всеки нов порт генерира ADD събитие.

PACKET_IN — най-честият тип в нормална работа. Включва ARP заявки (препратени за прокси резолюция), първи ICMP пакети (преди инсталиране на правило) и LLDP рамки.

FLOW_REMOVED - при изтичане на таймаут. Правилата с приоритет 35 изтичат след idle_timeout от 1800 секунди.

ERROR — в нормална работа не се наблюдават; генерират се при невалидни операции (например инсталиране на правило с невалиден порт).

СРАВНЕНИЕ СЪС СЪЩЕСТВУВАЩИ РЕШЕНИЯ

Сравнението обхваща: (1) метод на достъп (push/pull), (2) гранулярност (отделни съобщения срещу агрегирани статистики), (3) декодиране на пакетно съдържание, (4) интеграционна сложност, (5) необходимост от допълнителна инфраструктура. Резултатите са обобщени в Таблица 3.

Табл. 3 Сравнителен анализ на подходите за наблюдаемост в SDN

Критерий	ofctl_rest	Wireshark	P4/INT	Open flow monitor
Метод на достъп	Pull (HTTP GET)	Пасивно Прихващане	Push (in-band telemetry)	Push (Web Socket stream)
Гранулярност	Агрегирани статистики на потоци и портове	Отделни OpenFlow съобщения (суров TCP)	Метаданни на ниво пакет	Отделни Open Flow съобщения (структуриран JSON)
Декодиране PACKET_IN	Не	Да (ръчно, пълен протоколен стек)	Не е приложимо	Да (автоматично)
Латентност на наблюдение	Интервал на запитване	Реално време (< 1 ms)	Реално време	Реално време (in-process)
Интеграционна сложност	Ниска (стандартен REST API)	Висока (отделен инструмент, SPAN порт)	Много висока (хардуерна поддръжка, P4 програма)	Ниска (Web Socket клиент)
Допълнителна инфраструктура	Не	Да (SPAN порт или TAP, Wireshark хост)	Да (P4-съвместим хардуер)	Не
Много клиенти	Да (независими HTTP заявки)	Не (един capture)	Да (колектори)	Да (Web-Socket broadcast)
Филтриране	Да (per-DPID, per-table)	Да (BPF (Berkeley Packet Filter) филтри)	Да (P4 match action)	По тип и DPID (клиентска страна)

Сравнение с ofctl_rest: При стандартният REST API на Ryu за статистики GET /stats/flow/{dpid}, GET/stats/port/{dpid} и GET /stats/table/{dpid} връщат моментни снимки на текущото състояние. Три разлики са съществени:

Моделът е pull. ofctl_rest изисква клиентът да инициира запитване на определен интервал. При 1 секунда и 3 комутатора това генерира минимум 3 HTTP заявки в секунда. openflow_monitor излъчва събитията в момента на настъпване.

Липсва хронология. ofctl_rest показва текущото състояние, но не казва кога или защо е настъпила промяна. openflow_monitor дава хронологичен поток от събития, от който може да се реконструира последователността на действията.

PACKET_IN не се обработва. ofctl_rest не предоставя информация за конкретните пакети при контролера.

Openflow_monitor декодира и класифицира всеки PACKET_IN.

Сравнение с Wireshark: той декодира пълния OpenFlow стек при прихващане на TCP трафика между комутатор и контролер. Изисква обаче SPAN (Switch Port Analyzer) порт или мрежов TAP (Test Access Point) и отделна работна станция. Изходът е предназначен за визуален анализ — интеграцията с управленско приложение изисква парсване на pcap файлове или TShark. Едновременното наблюдение от множество клиенти изисква множество SPAN сесии или централизиран колектор.

Сравнение с P4/INT: In-band Network Telemetry вгражда телеметрични данни в заглавията на пакетите, преминаващи през мрежата, и позволява наблюдение на латентност и загуби на ниво пакет. P4/INT и openflow_monitor наблюдават различни равнини. INT работи на ниво равнина на данните — следи какво се случва с пакетите вътре в мрежата.

openflow_monitor работи на ниво управляваща равнина — следи комуникацията между контролера и комутаторите. INT изисква P4-съвместими комутатори (напр. Barefoot Tofino) и не е приложим в среди с OVS. В среди с P4 поддържа двата механизма биха работили заедно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата разработка е описана реализацията на openflow_monitor — разширение за Ryu, което излъчва OpenFlow съобщения в реално време през WebSocket. За разлика от ofctl_rest и Wireshark, решението работи като вътрешно Ryu приложение без допълнителна инфраструктура, обработва пет типа асинхронни съобщения с автоматично декодиране до ниво ARP/IPv4, излъчва структурирани JSON обекти и поддържа едновременно множество WebSocket клиенти с устойчивост при прекъсване на отделни връзки.

In-process комуникацията през събитийната шина на Ryu премахва мрежовите скокове при доставката.

Уеб приложението (Blazor Server .NET 9) обединява три потока в един интерфейс: HTTP заявки, OpenFlow съобщения и Mininet конзолен изход.

Като бъдещи насоки за развитие могат да бъдат обобщени:

История на събитията: текущата реализация поддържа кръгов буфер с 500 записа в паметта. Съхранение във файлове или база данни би позволило ретроспективен анализ за дълги периоди.

Филтриране по DPID на сървърна страна. При мрежи с десетки комутатори обемът на LLDP съобщенията нараства линейно. Клиентът може да изпрати WebSocket съобщение с желаните DPID, като намали трафика и натоварването.

Масшабируемост. Валидацията е проведена върху 3 комутатора. Поведението при 50–100 комутатора и висока честота на PACKET_IN (например при DDoS

атака) би разкрило границите на eventlet-базирания модел.

Корелация с потоковите правила. Обогаляване на PACKET_IN съобщенията с информация за съответстващото (или липсващото) правило би позволило по-ефективен анализ.

Източник на финансиране: Настоящият документ е изготвен с финансовата помощ на договор № НИП2026-6 за научни изследвания по проект на тема: „Изследване и изграждане на система за откриване на аномалии в компютърни мрежи” към Технически университет – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] D. Kreutz, F. M. V. Ramos, P. Esteves Verissimo, et al. "Software-Defined Networking: A Comprehensive Survey," Proceedings of the IEEE, vol. 103, no. 1, pp. 14--76, 2015.
- [2] N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, et al, "OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 38, no. 2, pp. 69--74, 2008.
- [3] Ryu Project, "Ryu SDN Framework," [Online]. Available: <https://ryu-sdn.org>. [Accessed: 27-Apr-2026].
- [4] Open Networking Foundation, "OpenFlow Switch Specification," Version 1.3.4, 2013.
- [5] P. Bosshart, D. Daly, G. Gibb, M. Izzard, N. McKeown, J. Rexford, C. Schlesinger, D. Talayco, A. Vahdat, G. Varghese, and D. Walker, "P4: Programming Protocol-Independent Packet Processors," ACM SIGCOMM Computer Communication Review, vol. 44, no. 3, pp. 87--95, 2014.
- [6] A. Gupta, R. Harrison, M. Canini, N. Feamster, J. Rexford, and W. Willinger, "Sonata: Query-Driven Streaming Network Telemetry," in Proc. ACM SIGCOMM, 2018.
- [7] B. Lantz, B. Heller, N. McKeown, "A Network in a Laptop: Rapid Prototyping for Software-Defined Networks," in Proc. ACM SIGCOMM Workshop on Hot Topics in Networks, 2010.
- [8] B. Pfaff, B. Davie, "The Open vSwitch Database Management Protocol," IETF RFC 7047, 2013.

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА МОДЕЛИ И РЕШЕНИЯ ЗА КИБЕРСИГУРНОСТ В УНИВЕРСИТЕТСКА ИНФОРМАЦИОННА СРЕДА

Радостин Христов Лефтеров
Технически университет - Габрово

COMPARATIVE ANALYSIS OF CYBERSECURITY MODELS AND SOLUTIONS IN A UNIVERSITY INFORMATION ENVIRONMENT

Radostin Hristov Lefterov
Technical University of Gabrovo

Abstract

This paper presents an overview and comparative analysis of selected approaches for access control and cybersecurity in university information systems. The study examines Role-Based Access Control (RBAC), Attribute-Based Access Control (ABAC), Context-Aware Access Control (CAAC), Security Information and Event Management (SIEM), Endpoint Detection and Response (EDR) and Zero Trust Architecture (ZTA). The research is based on a theoretical review of scientific sources and a comparison between the examined methods according to their main characteristics, advantages, limitations and possible application in university environments. The results show that RBAC provides easier management in systems with clearly defined user roles, while ABAC and CAAC allow more flexible access control. SIEM and EDR solutions improve monitoring and detection of security-related events, and ZTA increases cybersecurity through continuous verification of access requests and devices. The analysis shows that no single approach is sufficient for every university environment and that combining different methods could provide a better balance between cybersecurity, flexibility and access management. The study is limited to theoretical analysis and does not include practical implementation in a real university information system.

Keywords: cybersecurity, access control, RBAC, ABAC, SIEM, EDR, Zero Trust Architecture, university information systems

ВЪВЕДЕНИЕ

Университетските информационни системи (УИС) през последните години започват да се използват за все повече дейности. Освен административна информация, в тях се съхраняват оценки, лични данни, учебни материали и различни вътрешни документи. Това създава необходимост от по-добра защита на информацията и по-надежден контрол върху достъпа до отделните ресурси [1].

Съществуват различни модели за управление на достъпа. Един от най-разпространените е RBAC моделът, при който потребителят получава права според своята роля в системата [1]. При по-сложни среди обаче този подход невина-

ги е достатъчно гъвкав. Поради тази причина започват да се използват и модели като ABAC, където се вземат предвид различни атрибути и допълнителни условия при вземане на решение за достъп [2].

През последните години се наблюдава засилен интерес и към Zero Trust Architecture (ZTA). При този подход не се приема, че даден потребител или устройство са надеждни само защото се намират във вътрешната мрежа [3]. Това е една от причините моделът постепенно да започне да се използва и в среди с по-голям брой потребители и услуги.

Наред с моделите за управление на достъп, започват да се използват и сис-

теми за наблюдение и анализ на събития, свързани с киберсигурността. SIEM решенията позволяват събиране и обработка на информация от различни устройства и услуги, а EDR системите са насочени към наблюдение и защита на крайните устройства.

При по-динамични среди започват да се използват и модели като Context-Aware Access Control (CAAC), при които достъпът може да зависи от местоположение, устройство или конкретната ситуация.

В научната литература вече съществуват различни изследвания върху тези подходи, но внедряването им в университетска среда продължава да създава определени затруднения. Основен проблем са големият брой потребители, различните нива на достъп и необходимостта част от ресурсите да останат лесно достъпни [4].

Настоящата разработка има за цел да разгледа основните характеристики на RBAC, ABAC, CAAC, SIEM, EDR и Zero Trust Architecture и да направи кратък сравнителен анализ между тях. Разгледани са основно техните предимства, ограничения и възможности за приложение в УИС. Изследването е ограничено до теоретичен анализ и не включва практическа реализация на разглежданите модели.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Role-Based Access Control (RBAC)

RBAC е модел за управление на достъпа, при който правата на потребителите се определят според тяхната роля в системата [1]. Вместо разрешенията да се задават отделно за всеки потребител, те се свързват с конкретна роля. След това потребителят получава достъп според функциите, които изпълнява.

Моделът намира широко приложение в различни информационни системи, включително в УИС. Обикновено там съществува разделение между студенти,

преподаватели, администрация и системни администратори. Това позволява правата да бъдат организирани сравнително лесно [4].

Едно от основните предимства на RBAC е по-лесното управление на достъпа при голям брой потребители. При промяна на дадена роля могат да бъдат променени и съответните разрешения, без да се редактира всеки акаунт поотделно [5]. Това улеснява администрирането и намалява част от ръчната работа.

В университетска среда подобен модел работи добре при ясно разграничени групи потребители. При по-големи системи обаче управлението на ролите постепенно се усложнява. Това се наблюдава най-вече когато един потребител изпълнява повече от една функция. Например преподавател може едновременно да осъществява преподавателска дейност и да участва в административното управление. В подобни случаи често се налага комбиниране на различни роли и допълнителни разрешения.

Друг недостатък е, че RBAC не отчита допълнителни условия при вземане на решение за достъп. Моделът не взема предвид фактори като местоположение, устройство или време на достъп [2]. Това ограничава възможностите му при по-динамични среди и е една от причините постепенно да започнат да се използват и по-гъвкави модели за контрол на достъпа.

Attribute-Based Access Control (ABAC)

ABAC е модел за контрол на достъпа, при който решенията не се базират единствено на ролята на потребителя, а и на различни атрибути и условия [2]. При този подход могат да се използват характеристики, свързани с потребителя, ресурса, устройството или конкретната среда, от която се осъществява достъпът.

За разлика от RBAC, при ABAC достъпът може да бъде определян по по-гъвкав начин. Например даден потребител може да получи достъп до определен

ресурс само в рамките на конкретна мрежа или в определен времеви интервал. Това позволява изграждането на по-прецизни политики за сигурност.

Моделът се разглежда като подходящ при динамични среди, в които потребителите имат различни функции и често променящи се нива на достъп [6]. В УИС подобен подход може да бъде полезен при управление на достъп до различни вътрешни ресурси, електронни платформи и административни модули.

Едно от основните предимства на АВАС е по-високата гъвкавост при вземане на решения за достъп. В много случаи това позволява по-добър контрол върху потребителските действия и по-лесно адаптиране към различни ситуации [7].

Наред с предимствата си, моделът има и някои недостатъци. При изграждането на по-сложни политики управлението на атрибутите може значително да се усложни. Освен това при голям брой правила и условия администрирането става по-трудно в сравнение с RBAC [2].

В университетска среда това може да доведе до затруднения при поддръжката на системата, особено ако липсва ясно организирана структура за управление на потребителските атрибути. Поради тази причина внедряването на АВАС често изисква по-добро планиране и по-прецизно дефиниране на политиките за сигурност.

Context-Aware Access Control (CAAC)

Context-Aware Access Control е модел за управление на достъпа, при който се взема предвид не само потребителят, но и конкретната ситуация, в която се осъществява заявката за достъп [10]. При подобен подход могат да се използват различни фактори като устройство, местоположение, време или тип на мрежата.

За разлика от по-статичните модели, тук условията за достъп могат да се променят динамично. Например потребител може да има достъп до определен ресурс

само при използване на университетска мрежа или служебно устройство [11].

Подобен модел е подходящ при среди, в които достъпът се осъществява от различни устройства и външни локации. Това е често срещано при УИС, където част от потребителите работят извън вътрешната мрежа.

Едно от предимствата на Context-Aware Access Control е по-гъвкавото управление на достъпа. В определени ситуации това позволява ограничаване на част от рисковете, свързани с неоторизиран достъп или използване на непознати устройства [12].

Наред с предимствата си, моделът има и някои ограничения. При използване на повече условия и контекстна информация управлението на системата постепенно се усложнява. Освен това подобен подход изисква по-добра организация на политиките за сигурност и допълнителна обработка на информацията за потребителите и устройствата.

Security Information and Event Management (SIEM)

SIEM системите се използват за наблюдение и анализ на събития, свързани с информационната сигурност [13]. При тях информацията от различни устройства и услуги се събира на едно място. Това могат да бъдат сървъри, защитни системи, мрежово оборудване и потребителски журналы.

Основната идея е събитията в системата да бъдат наблюдавани централизирано. По този начин по-лесно могат да се откриват необичайни действия или опити за нерегламентиран достъп [14].

Подобни решения се използват все по-често при среди с голям брой потребители и устройства. Това е характерно и за УИС, където достъпът обикновено се осъществява от различни мрежи и платформи.

Едно от основните предимства на SIEM е по-лесното проследяване на събитията, свързани с киберсигурността.

При възникване на проблем част от информацията може да бъде анализирана по-бързо, тъй като данните се съхраняват централизирано.

Наред с предимствата си, подобни системи имат и някои ограничения. При голям обем от журнали обработката на информацията може да стане по-трудна. Освен това настройването на правилата и известията често изисква допълнително време и добра организация [13]. В противен случай е възможно генериране на голям брой нерелевантни предупреждения, което затруднява откриването на реални проблеми.

Endpoint Detection and Response (EDR)

Endpoint Detection and Response се използва за наблюдение на крайни устройства и откриване на проблеми, свързани с киберсигурността [15]. Подобни решения се прилагат основно при компютри, лаптопи и сървъри, които имат достъп до вътрешната мрежа и информационните ресурси.

При EDR системите се събира информация за различни действия и процеси върху устройството. Това позволява да се откриват необичайни активности или опити за изпълнение на зловреден код [16].

В УИС подобен подход може да бъде полезен поради големия брой устройства и потребители. Освен служебни компютри често се използват и лични устройства, което увеличава риска от възникване на инциденти, свързани със сигурността.

Едно от предимствата на EDR е възможността за по-детайлно проследяване на действията при възникване на проблем. В определени случаи това улеснява анализа на инцидента и откриването на причината за него [17].

Наред с предимствата си, подобни системи могат да създадат и затруднения при поддръжката. При по-голям брой устройства количеството събрана информация постепенно се увеличава и обработката ѝ става по-трудна. Освен това настройката и наблюдението на

системата често изискват допълнително време и ресурси.

Zero Trust Architecture (ZTA)

Zero Trust Architecture е подход към киберсигурността, при който достъпът до ресурсите не се приема за сигурен по подразбиране [3]. При този модел всяка заявка трябва да бъде проверена, независимо дали идва от вътрешната или външната мрежа.

При традиционните модели често се приема, че потребителят е надежден след успешно идентифициране в системата. При Zero Trust това доверие е значително ограничено. Освен потребителското име и парола могат да се използват допълнителни проверки, свързани с устройството, местоположението или начина на достъп [8].

През последните години този подход започва да се използва все по-често. Една от причините е увеличаването на отдалечения достъп, облачните услуги и използването на лични устройства. При подобни среди традиционната защита само на мрежовия периметър не винаги е достатъчна [9].

В УИС това е особено важно, тъй като достъпът често се осъществява от различни устройства и външни мрежи. Освен това голяма част от потребителите използват системите едновременно за обучение, административна работа и обмен на информация.

Zero Trust може да подобри контрола върху достъпа до отделни ресурси, но внедряването му не е лесно. В много случаи са необходими допълнителни механизми за удостоверяване и постоянно наблюдение на потребителските действия [3]. Това увеличава сложността при поддръжката на системата и изисква по-добра организация на цялата инфраструктура.

Сравнителен анализ

В УИС се използват различни подходи за защита на информацията и управлението на достъпа. Причината е, че подобни среди обикновено включват голям брой потребители, различни нива на

права и достъп от вътрешни и външни мрежи. Това създава необходимост от комбиниране на различни методи за киберсигурност.

RBAC, ABAC и Context-Aware Access Control се използват основно при управление на достъпа до ресурси и потребителски права. При RBAC основният елемент е ролята на потребителя [1]. Това улеснява организацията на достъпа при ясно разделени групи като студенти, преподаватели и администрация. При ABAC и Context-Aware Access Control решенията за достъп могат да зависят и от допълнителни атрибути, устройство, местоположение или време на достъп [6]. Подобен подход предоставя повече гъвкавост, но в много случаи води и до по-сложно управление на правилата и политиките за сигурност.

SIEM и EDR се различават от моделите за управление на достъпа. При тях основната цел е наблюдението на системата и откриването на събития, свързани с киберсигурността. SIEM системите събират информация от различни устройства и услуги, което позволява по-лесно проследяване на проблеми и подозрителна активност [13]. При EDR решенията вниманието е насочено основно към крайните устройства и действията, които се извършват върху тях [15].

Zero Trust Architecture използва друг подход при защитата на информационната среда. При него не се приема, че даден потребител или устройство са надеждни само защото вече се намират във вътрешната мрежа [3]. Поради тази причина достъпът се проверява постоянно и се ограничава възможността за свободен достъп между различните ресурси и услуги. Подобен модел е особено подходящ при среди с външен достъп и използване на различни устройства.

ABAC, Context-Aware Access Control и Zero Trust предоставят повече възможности за контрол и допълнителна защита, но внедряването им обикновено изисква по-добра организация и повече ресурси. От друга страна SIEM и EDR позволяват по-лесно наблюдение на събитията и проследяване на инциденти, свързани с киберсигурността. Поради

тази причина в практиката често се използва комбинация между различни подходи, вместо прилагането само на един метод.

В Табл. 1 са обобщени основните характеристики на разгледаните методи за киберсигурност.

Табл. 1 Сравнение между различните методи.

Модел	Основен принцип	Предимства	Ограничения
RBAC	Роля	Лесно управление	По-ниска гъвкавост
ABAC	Атрибути и условия	По-прецизен контрол	По-сложно управление
CAAC	Контекстна информация	По-гъвкава защита	По-сложна обработка
SIEM	Анализ на събития	Централно наблюдение	Голям обем от данни
EDR	Защита на устройства	По-бързо откриване	Постоянна поддръжка
ZTA	Постоянна проверка	По-висока сигурност	По-сложна инфраструктура

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата разработка са разглеждани някои от основните подходи за управление на достъпа, наблюдение на събития и повишаване нивото на киберсигурност в УИС. Направеният анализ показва, че различните методи имат своите предимства и ограничения и не съществува универсално решение, което да бъде еднакво подходящо за всяка университетска среда.

RBAC е по-подходящ при системи с по-ясно разпределение на потребителските роли и по-лесна организация на достъпа. ABAC и Context-Aware Access Control предоставя по-гъвкав контрол и възможност за изграждане на по-прецизни политики за киберсигурност, но са свързани с по-сложно администриране. При Zero Trust Architecture основен акцент е ограничаването на доверието и постоянната проверка на достъпа до ресурсите.

SIEM и EDR решенията допълват подобни подходи чрез наблюдение на събитията и откриване на проблеми, свързани с киберсигурността. Това е особено важно при системи с голям брой уст-

ройства, външен достъп и използване на различни информационни услуги.

От направеното изследване може да се приеме, че при изграждането на УИС е по-подходящо използването на хибриден подход между различните модели. Подобно решение би позволило подобър баланс между ниво на киберсигурност, гъвкавост на достъпа, управление на потребителските права и наблюдение на информационната среда.

Получените резултати биха могли да се използват при разработване или усъвършенстване на УИС, както и при изграждане на политики за контрол на достъпа и защита на информационните ресурси. Основно ограничение на изследването е, че разгледаните модели са анализирани основно на теоретично ниво, без реална практическа имплементация и тестове в работеща университетска среда.

Възможност за бъдещи изследвания е разработването на примерен модел за интегриране на разгледаните подходи в реална УИС и анализ на тяхната ефективност при практическо приложение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sandhu R, Ferraiolo D, Kuhn R. The NIST Model for Role-Based Access Control: Towards a Unified Standard. In: Proceedings of the Fifth ACM Workshop on Role-Based Access Control (RBAC '00), Berlin, Germany, 2000, p. 47-63.
- [2] Hu VC, Ferraiolo D, Kuhn R, Schnitzer A, Sandlin K, Miller R, Scarfone K. Guide to Attribute Based Access Control (ABAC) Definition and Considerations. NIST Special Publication 800-162. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2014.
- [3] Rose S, Borchert O, Mitchell S, Connelly S. Zero Trust Architecture. NIST Special Publication 800-207. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2020.
- [4] Mohamed AKYS, Auer D, Hofer D, Künig J. A systematic literature review for authorization and access control: definitions, strategies and models. International Journal of Web Information Systems 2022;18(2/3):156-180.
- [5] Farhadighalati N, Estrada-Jimenez LA, Nikghadam-Hojjati S, Barata J. A Systematic Review of Access Control Models: Background, Existing Research, and Challenges. IEEE Access 2025;13:17777-17806.
- [6] Tall AM, Zou CC. A Framework for Attribute-Based Access Control in Processing Big Data with Multiple Sensitivities. Applied Sciences 2023;13(2):1183.
- [7] Kukut M, Sogukpinar I. Attribute-Based Access Control in Internet of Things Security. The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics 2024;28:23-33.
- [8] Syed NF, Shah SW, Shaghaghi A, Anwar A, Baig Z, Doss R. Zero Trust Architecture (ZTA): A Comprehensive Survey. IEEE Access 2022;10:57143-57179.
- [9] Teerakanok S, Uehara T, Inomata A. Migrating to Zero Trust Architecture: Reviews and Challenges. Security and Communication Networks 2021;2021:9947347.
- [10] Wang Y, Ragothaman K, Rimal B, Lawrence M. Access Control for IoT: A Survey of Existing Research, Dynamic Policies and Future Directions. Sensors 2023;23(4):1805.
- [11] Yang Z, Chen X, He Y, Liu L, Che Y, Wang X, Xiao K, Xu G. An attribute-based access control scheme using blockchain technology for IoT data protection. High-Confidence Computing 2024;4(3):100199.
- [12] Gupta E, Sural S, Vaidya J, Atluri V. Enabling Attribute-Based Access Control in NoSQL Databases. IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing 2023;11(1):208-223.
- [13] Hase L. The Path to Choosing a SIEM System – A Systematic Literature Review. Seminar IT-Management in the Digital Age, FH Wedel, Germany, 2024.
- [14] Vardalachakis M, Vasilakis M, Tampouratzis MG. A Comprehensive Analysis of Features, Benefits, Challenges, and Best Practices of Security Information and Event Management (SIEM) Solutions. In: CISCom 2025, 2026.
- [15] Tendikov N, Rzaeva L, Saoud B, Shayea I, Azmi MH, Myrzatay A, Alnakhli M. Security Information Event Management data acquisition and analysis methods with machine learning principles. Results in Engineering 2024;23:102254.
- [16] Rosenberg M, Schneider B, Scherb C, Asprion PM. An Adaptable Approach for Successful SIEM Adoption in Companies. IADIS International Journal on Computer Science and Information Systems 2023.
- [17] Kaur H, Sanjayi SL D, Paul T, Kumar T R. Evolution of Endpoint Detection and Response (EDR) in Cyber Security: A Comprehensive Review. E3S Web of Conferences 2024;556:01006.

**ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ВНЕДРЯВАНЕ НА КОМБИНИРАНИ
ПОДХОДИ ЗА КИБЕРСИГУРНОСТ В УНИВЕРСИТЕТСКА
ИНФОРМАЦИОННА СРЕДА**

Радостин Христов Лефтеров
Технически университет - Габрово

**POSSIBILITIES FOR IMPLEMENTING COMBINED
CYBERSECURITY APPROACHES IN A UNIVERSITY INFORMATION
ENVIRONMENT**

Radostin Hristov Lefterov
Technical University of Gabrovo

Abstract

This paper examines the possibilities for implementing different cybersecurity approaches in a university information environment. The study focuses on Role-Based Access Control (RBAC), Attribute-Based Access Control (ABAC), Context-Aware Access Control (CAAC), Security Information and Event Management (SIEM), Endpoint Detection and Response (EDR) and Zero Trust Architecture (ZTA). The analysis is based on a theoretical review of scientific sources and is aimed mainly at the practical aspects related to the deployment of these approaches in university systems. The paper discusses possible implementation models, advantages, limitations and difficulties that may arise in environments with a large number of users, devices and services. The results show that the examined approaches are usually more effective when used in combination rather than as standalone solutions. In practice, implementation depends mainly on the existing infrastructure, available resources and organization of access management within the university environment. The study is limited to theoretical analysis and does not include practical implementation or testing in a real university information system.

Keywords: cybersecurity, RBAC, ABAC, Context-Aware Access Control, SIEM, EDR, Zero Trust Architecture, implementation, university information systems

ВЪВЕДЕНИЕ

Университетските информационни системи (УИС) през последните години се използват за все повече дейности. Освен административна работа, чрез тях се осъществява достъп до учебни материали, електронни платформи, вътрешни документи и различни онлайн услуги. Това постепенно увеличава изискванията към сигурността и защитата на информацията.

При подобни среди често възникват проблеми, свързани с управлението на достъпа и защитата на отделните ресурси. Причината е, че в УИС обикновено работят голям брой потребители с различни права и нива на достъп. Освен това достъпът често се осъществява от външни мрежи и различни устройства.

През последните години започват да се използват различни подходи за киберсигурност, свързани както с контрола на достъпа, така и с наблюдението на информационната среда. Част от разпространените решения са RBAC, ABAC, CAAC, SIEM, EDR и ZTA. При всеки от тези подходи съществуват различни особености при внедряване, конфигуриране и поддръжка [1].

В много случаи имплементирането на подобни решения не е свързано само с инсталиране на дадена система или технология. Често е необходимо изграждане на политики за сигурност, разделяне на потребителските права и организиране на наблюдението върху отделните услуги и устройства [2].

Настоящото изследване има за цел да разгледа възможностите за имплементиране на различни подходи за киберсигурност в университетска информационна среда. Анализирани са основно особеностите при внедряване на отделните методи, възможните затруднения и част от ограниченията, които могат да възникнат при практическо приложение. Изследването е ограничено до теоретичен анализ и не включва реална имплементация в работеща университетска система.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Имплементиране на RBAC в университетска информационна среда

RBAC е сред моделите, които най-често се използват при УИС [1]. Причината е, че при подобна среда обикновено има ясно разделение между различните групи потребители. Най-често това са студенти, преподаватели, администрация и системни администратори.

При имплементирането на RBAC достъпът се организира чрез роли. Вместо права да се задават поотделно за всеки акаунт, разрешенията се свързват с определена роля в системата. Това улеснява управлението, особено при по-голям брой потребители.

В университетска среда подобен подход може да се използва при електронни платформи, административни системи и вътрешни ресурси. Например студентите могат да имат достъп основно до учебна информация, докато преподавателите работят и с модули за оценки, изпити и учебни материали.

При внедряването на RBAC е необходимо предварително да бъдат определени различните групи потребители и техните права. В противен случай с времето започват да се натрупват допълнителни роли и изключения, което затруднява поддръжката на системата [3].

При по-големи университетски среди често възникват ситуации, при които един потребител изпълнява повече от една функция. Например преподавател

може едновременно да участва и в административна дейност. Това налага комбиниране на различни роли и допълнителни разрешения.

Друг недостатък е, че моделът не отчита фактори като устройство, местоположение или време на достъп. При среди с външен достъп и използване на различни устройства това може да ограничи част от възможностите на системата [2].

Имплементиране на ABAC в университетска информационна среда

При ABAC управлението на достъпа не зависи само от ролята на потребителя. При вземане на решение могат да се използват различни атрибути и допълнителни условия [2]. Това позволява изграждане на по-гъвкав модел за контрол на достъпа.

В университетска среда подобен подход може да бъде полезен при системи с по-голям брой потребители и различни нива на достъп. Освен според ролята, достъпът може да зависи и от факултет, специалност, учебен курс, устройство или конкретен период от време.

При имплементирането на ABAC е необходимо предварително да бъдат определени атрибутите и правилата, които ще се използват в системата. Това е една от основните разлики спрямо RBAC, където организацията обикновено е по-опростена.

Подобен модел може да бъде полезен при среди, в които потребителските права се променят по-често. Например достъпът до определени ресурси може автоматично да бъде ограничен след приключване на даден семестър или при промяна на статуса на потребителя.

Наред с предимствата си, внедряването на ABAC често е свързано и с по-сложно администриране. При голям брой атрибути и правила управлението на политиките постепенно става трудно [2]. Това изисква по-добра организация и по-прецизно конфигуриране на системата.

Друг проблем е, че при неправилно изградени политики могат да възникнат

затруднения при управлението на достъпа и обработката на потребителските заявки. Поради тази причина имплементирането на АВАС обикновено изисква по-внимателно планиране в сравнение с по-опростените модели за контрол на достъпа.

Имплементиране на Context-Aware Access Control в университетска информационна среда

Context-Aware Access Control (CAAC) е подход, при който достъпът зависи не само от потребителя, а и от конкретната ситуация, в която се осъществява заявката [4]. При подобен модел могат да се използват фактори като устройство, местоположение, мрежа или време на достъп.

В университетска среда това може да бъде полезно при работа с външни мрежи и различни устройства. Подобни ситуации се наблюдават често при онлайн обучение, електронни платформи и достъп до вътрешни ресурси извън университетската мрежа.

При имплементирането на СААС е необходимо системата да обработва допълнителна информация, свързана с конкретния достъп. Например определени ресурси могат да бъдат достъпни само при използване на университетска мрежа или служебно устройство.

Подобен подход позволява по-гъвкав контрол върху достъпа и може да ограничи част от рисковете, свързани с неоторизирани устройства или необичайни заявки [5]. Това е особено важно при среди с голям брой потребители и често използване на външен достъп.

Наред с предимствата си, внедряването на подобен модел може да създаде и определени затруднения. При използване на повече контекстна информация обработката на потребителските заявки постепенно се усложнява [6]. Освен това поддръжката на подобна система често изисква по-добра организация и по-прецизно конфигуриране на правилата за достъп.

Друг проблем е, че при неправилно зададени условия е възможно да бъде ограничен и легитимен достъп до част от ресурсите. Поради тази причина имплементирането на СААС обикновено изисква внимателно планиране и предварително изграждане на ясни политики за сигурност.

Имплементиране на SIEM в университетска информационна среда

SIEM системите се използват за наблюдение на събитията в информационната среда и обработка на събраните журнали [7]. Обикновено информацията идва от различни устройства, сървъри, защитни системи и потребителски услуги.

При УИС подобен подход може да бъде полезен поради големия брой използвани платформи и потребители. В много случаи достъпът се осъществява както от вътрешната мрежа, така и от външни устройства и услуги.

При внедряването на SIEM е необходимо различните системи да бъдат свързани към обща среда за наблюдение. Това позволява събитията и журналиите да се събират на едно място и да бъдат проследявани по-лесно.

Подобен подход може да помогне при откриване на необичайни действия и проблеми, свързани с киберсигурността [8,9,10]. При възникване на инцидент част от информацията може да бъде прегледана по-бързо, тъй като събитията се съхраняват централизирано.

Наред с предимствата си, имплементирането на SIEM често създава и определени затруднения. При голям брой устройства количеството събрани данни постепенно се увеличава и обработката им става по-трудна.

Друг проблем е, че при неправилно настроени правила могат да се появят голям брой ненужни известия. Това затруднява наблюдението на системата и откриването на реални проблеми, свързани с информационната сигурност.

Имплементиране на EDR в университетска информационна среда

EDR системите се използват за защита и наблюдение на устройства, които имат достъп до университетската информационна среда [11]. Това могат да бъдат компютри в административни отдели, учебни лаборатории, сървъри или лаптопи на преподаватели.

При внедряването на подобно решение е необходимо защитният софтуер да бъде инсталиран върху отделните устройства. След това системата започва да събира информация за различни процеси и действия, които се извършват по време на работа.

В университетска среда подобен подход може да бъде полезен, тъй като достъпът често се осъществява от различни устройства и външни мрежи. Освен служебни компютри в много случаи се използват и лични устройства, което увеличава риска от възникване на проблеми, свързани с киберсигурността.

При наличие на подозрителна активност EDR системата може да помогне за по-лесното проследяване на проблема и действията, довели до него [11]. Това е полезно при анализ на инциденти и опити за неоторизиран достъп до информационните ресурси.

Наред с предимствата си, имплементирането на EDR може да създаде и определени затруднения. При по-голям брой устройства обработката на събраната информация постепенно става по-трудна. Освен това част от системите изискват постоянна поддръжка и допълнително конфигуриране.

Друг проблем е, че при неправилно настроени правила могат да се появят голям брой предупреждения и известия. Това затруднява наблюдението на системата и откриването на реални заплахи [11].

Имплементиране на Zero Trust Architecture в университетска информационна среда

Zero Trust Architecture (ZTA) е подход, при който не се приема, че даден потребител или устройство са надеждни само защото вече имат достъп до вът-

решната мрежа [12]. При подобен модел всяка заявка за достъп трябва да бъде проверявана допълнително.

В университетска среда това е важно, тъй като достъпът често се осъществява от различни устройства, външни мрежи и онлайн платформи. Освен това голяма част от потребителите използват едновременно учебни, административни и комуникационни услуги.

При имплементирането на ZTA обикновено се използват допълнителни механизми за удостоверяване и контрол на достъпа. В много случаи това включва многофакторна автентикация, ограничаване на потребителските права и постоянно наблюдение на заявките към системата [13].

Подобен подход може да помогне за ограничаване на част от рисковете, свързани с неоторизиран достъп и придвижване между различните ресурси в мрежата. Това е особено полезно при среди с голям брой потребители и услуги.

Наред с предимствата си, внедряването на ZTA често е свързано и с определени затруднения. При по-големи системи имплементирането на подобен модел може да изисква промени в съществуващата инфраструктура и политиките за сигурност.

Друг проблем е, че при неправилна конфигурация е възможно да се създадат затруднения при достъпа до част от услугите и информационните ресурси. Поради тази причина внедряването на подобен подход обикновено изисква постепенно планиране и добра организация на цялата информационна среда [14].

Сравнителен анализ

Разгледаните подходи използват различни методи за защита на университетската информационна среда. Част от тях са насочени основно към управление на достъпа, а други се използват за наблюдение на събития, откриване на инциденти и допълнителна защита на информационните ресурси. Поради тази причина в практиката подобни решения рядко се използват самостоятелно.

RBAC, ABAC и SAAC могат да бъдат комбинирани при изграждане на системи за управление на достъпа. В много случаи RBAC се използва като основа за организиране на потребителските роли, а ABAC и SAAC се прилагат за допълнителен контрол чрез използване на атрибути и контекстна информация. Подобен подход позволява по-гъвкаво управление на достъпа при среди с голям брой потребители и различни нива на права.

SIEM и EDR имат различна роля, но също могат да бъдат използвани съвместно. SIEM системите позволяват събиране и наблюдение на събития от различни услуги и устройства, докато EDR решенията са насочени към крайните устройства и действията върху тях. Комбинирането на подобни решения може да улесни откриването на проблеми и анализа на инциденти, свързани с киберсигурността.

ZTA не се използва само като отделен модел за защита, а по-скоро като общ подход при изграждане на сигурна ин-

формационна среда. Подобен модел може да бъде комбиниран с останалите решения чрез постоянна проверка на достъпа, ограничаване на доверието и допълнителен контрол върху потребителите и устройствата.

При УИС внедряването на всички решения едновременно често е трудно и свързано с повече ресурси. Поради тази причина в много случаи подобни подходи се имплементират поетапно според нуждите на конкретната среда и възможностите на организацията.

От направения анализ може да се приеме, че при университетска информационна среда е по-подходящо използването на комбиниран подход между различните методи. Подобно решение би позволило по-добър баланс между контрол на достъпа, наблюдение на събитията и защита на информационните ресурси.

В Табл. 1 са обобщени част от възможните комбинации между разгледаните подходи за киберсигурност.

Табл. 1 Възможни комбинации между подходите за киберсигурност.

Комбинация	Основна цел	Предимства	Затруднения
RBAC + ABAC	Контрол на достъпа	По-гъвкави права	По-сложно управление
ABAC + SAAC	Динамичен достъп	По-прецизен контрол	По-сложни политики
SIEM + EDR	Наблюдение и защита	По-бързо откриване	Голям обем от данни
ZTA + RBAC	Допълнителен контрол	По-висока сигурност	По-сложна конфигурация
ZTA + SIEM + EDR	Комплексна защита	По-добро наблюдение	Повече ресурси

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедряването на подходи за киберсигурност в университетска информационна среда е свързано с различни технически и организационни затруднения. Причината е, че подобни системи обикновено се използват от голям брой потребители и включват различни услуги, устройства и нива на достъп.

Разгледаните методи показват, че отделните решения могат да бъдат полезни

в различни ситуации. RBAC и ABAC позволяват по-добро управление на потребителските права, докато SIEM и EDR системите подпомагат наблюдението на информационната среда и откриването на проблеми, свързани с киберсигурността. При ZTA основната идея е ограничаване на доверието и постоянна проверка на достъпа до ресурсите.

От направения анализ може да се приеме, че при УИС използването само

на един подход невинаги е достатъчно. В практиката по-често се използва комбинация между различни решения, като внедряването им обикновено се извършва поетапно. Това е свързано както с наличната инфраструктура, така и с необходимите ресурси за поддръжка и администриране.

Част от разгледаните подходи могат да бъдат приложени сравнително лесно при по-малки среди, докато други изискват допълнителна организация и промени в съществуващите системи. Това е една от причините внедряването на подобни решения да зависи в голяма степен от структурата и възможностите на конкретната организация.

Основно ограничение на настоящото изследване е, че разгледаните модели са анализирани само на теоретично ниво. Възможност за бъдещи изследвания е разработването на примерна архитектура за комбинирано използване на различни подходи за киберсигурност и анализ на тяхната ефективност в реална университетска среда.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sandhu R, Ferraiolo D, Kuhn R. The NIST Model for Role-Based Access Control: Towards a Unified Standard. In: Proceedings of the Fifth ACM Workshop on Role-Based Access Control (RBAC '00), Berlin, Germany, 2000, p. 47-63.
- [2] Hu VC, Ferraiolo D, Kuhn R, Schnitzer A, Sandlin K, Miller R, Scarfone K. Guide to Attribute Based Access Control (ABAC) Definition and Considerations. NIST Special Publication 800-162. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2014.
- [3] Mohamed AKYS, Auer D, Hofer D, Küng J. A systematic literature review for authorization and access control: definitions, strategies and models. International Journal of Web Information Systems 2022;18(2/3):156-180.
- [4] Ragothaman K, Wang Y, Rimal B, Lawrence M. Access Control for IoT: A Survey of Existing Research, Dynamic Policies and Future Directions. Sensors 2023;23(4):1805.
- [5] Yang Z, Chen X, He Y, Liu L, Che Y, Wang X, Xiao K, Xu G. An attribute-based access control scheme using blockchain technology for IoT data protection. High-Confidence Computing 2024;4(3):100199.
- [6] Gupta E, Sural S, Vaidya J, Atluri V. Enabling Attribute-Based Access Control in NoSQL Databases. IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing 2023;11(1):208-223.
- [7] Hase L. The Path to Choosing a SIEM System – A Systematic Literature Review. Seminar IT-Management in the Digital Age, FH Wedel, Germany, 2024, p. 1-12.
- [8] Vardalachakis M, Vasilakis M, Tampouratzis M. A Comprehensive Analysis of Features, Benefits, Challenges, and Best Practices of Security Information and Event Management (SIEM) Solutions. Computer Sciences & Mathematics Forum 2025;12(1):18.
- [9] Rosenberg M, Schneider B, Scherb C, Asprien PM. An Adaptable Approach for Successful SIEM Adoption in Companies. IADIS International Journal on Computer Science and Information Systems 2023.
- [10] Tendikov N, Rzayeva L, Saoud B, Shayea I, Azmi MH, Myrzatay A, Alnakhli M. Security Information Event Management data acquisition and analysis methods with machine learning principles. Results in Engineering 2024;22:102254.
- [11] Kaur H, Sanjaay SL D, Paul T, Kumar TR. Evolution of Endpoint Detection and Response (EDR) in Cyber Security: A Comprehensive Review. E3S Web of Conferences 2024;556:01006.
- [12] Rose S, Borchert O, Mitchell S, Connelly S. Zero Trust Architecture. NIST Special Publication 800-207. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2020.
- [13] Syed NF, Shah SW, Shaghaghi A, Anwar A, Baig Z, Doss R. Zero Trust Architecture (ZTA): A Comprehensive Survey. IEEE Access 2022;10:57143-57179.
- [14] Teerakanok S, Uehara T, Inomata A. Migrating to Zero Trust Architecture: Reviews and Challenges. Security and Communication Networks 2021;2021:9947347.

ИНСТРУМЕНТАЛЕН ПОДБОР ЗА ИЗРАБОТВАНЕ НА ДЕТАЙЛ
“КОРПУС” В СЕРИЙНО ПРОИЗВОДСТВО

Христо Радев

hradew81@abv.bg

кафедра ИТД, ТУ-Габрово, 5300, БЪЛГАРИЯ

TOOLING SELECTION FOR MANUFACTURING A “BODY” PART IN
SERIAL PRODUCTION

Hristo Radev

hradew81@abv.bg

Department of Industrial technology and design, Technical university of Gabrovo

Abstract

The preparation of a technological route is one of the main tasks in the manufacture of a given mechanical engineering product. The article presents the main stages, technological processes and tooling equipment of various manufacturers related to the manufacture of a “Body” part in serial production, ensuring efficiency and precision through the use of CNC metal-cutting machines. A 3D model of the part and the fixture has been created, which can be integrated into the processing programs.

Keywords: tools, equipment, body, mass production, technology.

ВЪВЕДЕНИЕ

При всяко производство изборът на технология и инструментална екипировка е сложна творческа задача. Нейното решаване се определя от удовлетворяването на изискванията за обработване на детайли с определено от потребителите качество при възможно най-малки производствени разходи [1].

Целта на тази статия е да представи инструменталното оборудване необходимо за изработката на детайл „Корпус“ в условията на серийно производство.

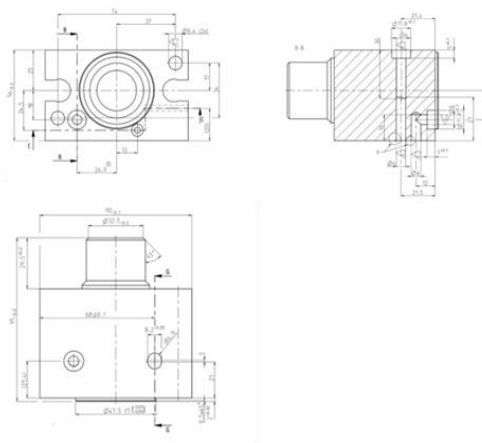
ИЗЛОЖЕНИЕ

Изготвянето на технологичен маршрут е една от основните задачи при изработката на дадено машиностроително изделие[2].

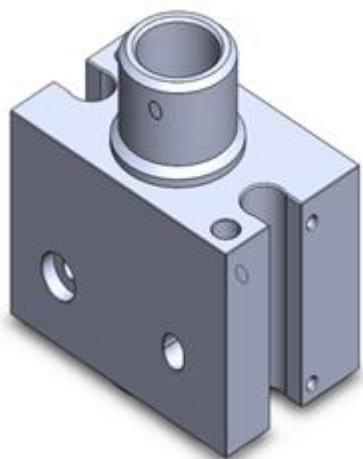
За изработване на детайла представен на фиг. 1 е необходимо да се извърши оценка на възможностите за неговата изработка и контрол на качеството. За изпълнителя на поръчка от 20 000 броя е необходимо да установи дали разполага

с необходимите машини, съоръжения и човешки ресурс. Операциите, които биха били необходими са [3]:

- подготовка на заготовките
- машинни стружкоотнемащи операции
- ръчни операции
- обезмасляване
- контрол на размерите



Моделът, както и 2D чертежите на детайла (фиг. 2) са създадени в среда на CAD/CAM система SolidWorks 2017 [4].



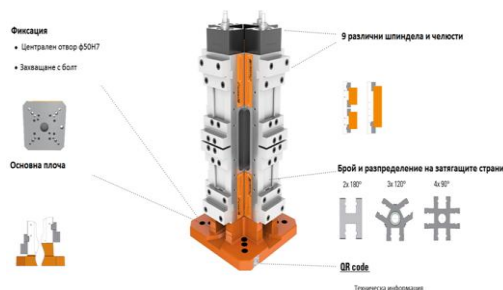
Фиг. 2. 3D модел на детайла

За извършване на гореспоменатите операции с цел най-ефективна и бърза изработка за основните формообразуващи операции се предпочита използването на вертикален фрезен център. Всички стружкоотнемачи операции са извършени на фрезен център OKUMA MB4000H (фиг. 3) разполагащ с необходимите характеристики за максимална рационализация и оптимизация на процесите [5].

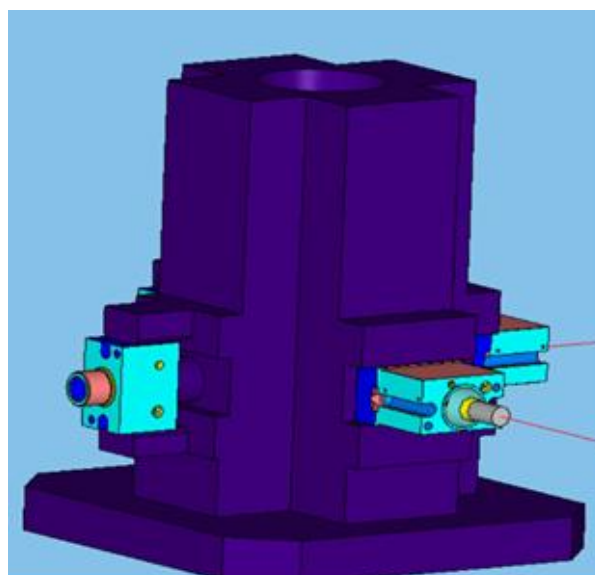


Фиг. 3. Обработващ център

За установяване на детайла е използвано приспособление – кула от 4 менгемента показана на фиг. 4, а базирането е представено на фиг. 5 [6].



Фиг. 4. Приспособление



Фиг. 5. Базирание на детайла

За операциите извършвани от фрезният център е необходимо да се разполага със съответният набор от инструменти които да обезпечат безпроблемното програмиране, работа на инструментите при подходящи режими на рязане за оптимален разход на време, точност на обработката и издръжливост на инструмента. Тези изисквания са постигнати със следните инструменти:

- За операция челно фрезаване използваме ъглова фреза Ø63 със сменяеми твърдосплавни пластини (СТП) – фиг. 6.



Фиг.6. Челна фреза ф80 [7]

- За операция, пробиване на предварителен отвор Ø41, използваме свредло Ø41 със сменяеми пластини – фиг. 7.



Фиг.7. Свредло със СТП ф41[7]

- За операция пробиване на предварителен отвор Ø24, използваме свредло Ø24 със сменяеми пластини – фиг. 8.



Фиг.8. Свредло със СТП ф24[7]

- За операции фрезозане на всички страни на грубо с прибавка, използваме фреза Ø63mm със СТП – фиг. 9.



Фиг.9. Фреза със СТП ф63[7]

- За операция фрезозане на отвори Ø25, използваме цилиндрична твърдосплавна фреза 18mm – фиг. 10.



Фиг.10. Твърдосплавна фреза ф18[8]

- За операция пробиване на отвори Ø14mm е използвано свредло с вътрешно охлаждане Ø14 – фиг. 11



Фиг.11. Твърдосплавно свредло ф14[8]

- За операция пробиване на отвори Ø6,5mm, използваме свредло с вътрешно охлаждане Ø6,5 за дълбоко пробиване – фиг. 12.



Фиг.12. Твърдосплавно свредло ф6,5[8]

- За операции фрезозане на фаска 2x60° използваме зенкер Ø8x60°, а за фрезозане на фаски по контура, използваме зенкер Ø8x90° - фиг. 13



Фиг.13. Зенкер ф8[7]

- За операции, фрезозане на диаметър Ø35mm и фрезозане на канал на грубо и fino 13mm, използваме цилинд-

рична твърдосплавна фреза Ø12mm – фиг. 14



Фиг.14. Цилиндрична фреза ф12[8]

- За операция пробиване на отвор Ø6mm, използваме твърдосплавно свредло с вътрешно охлаждане – фиг. 15.



Фиг.15. Твърдосплавно свредло ф6[8]

- За операции фрезование на площадка и глухи отвори, използваме цилиндрична фреза Ø6mm – фиг. 16.



Фиг.16. Цилиндрична фреза ф6[8]

- За операция пробиване на отвори Ø3.5mm използваме твърдосплавно свредло.

- За операция разстъргване на отвор Ø24.8mm, използваме разстъргващ нож – фиг. 17.



Фиг.17. Разстъргващ нож [9]

- За операция разстъргване на отвор Ø41,525mm, използваме разстъргваща глава – фиг. 18.



Фиг.18. Разстъргваща глава [10]

- За операция пробиване на отвор за резба M5x0.8mm се използва свредло Ø4,2, а резбата се нарязва с метчик M5 с винтов канал – фиг. 19.



Фиг.19. Метчик M5[11, 12]

- За всички операции фрезование на фаски на отвори, използваме зенкер Ø8x15° - фиг. 20.



Фиг.20. Зенкер Ø8x15°[7]

След определяне на необходимите инструмент за обработка на детайл „Корпус“ се избират оптимални режими на рязане и се подготвя технологичният маршрут. Той е под формата на документация и има за цел да укаже етапите и процесите през които е необходимо да мине обработвания детайл. Основни моменти в него са преходите на обработка

на детайла като те са съобразени с наличният машинен парк, цеховата организация, възможността за изработка за най-кратко време, осигуряване на необходимата точност и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статията обхваща основните етапи и технологични процеси, свързани с изработването на детайл "Корпус" в серийното производство.

Разработеният технологичен процес, представените инструменти и екипировка насочен към едросерийно производство, осигуряват ефективност и прецизност чрез използване на металоурежещи машини с ЦПУ.

Създаването на 3D модел и интегрирането на програмите за обработка позволяват детайлно определяне на режими на рязане и осигуряване на висока точност в процеса на производство.

Прилагането на съвременни технологии и инструменти за обработка, включително използването на ЦПУ машини и CAD/CAM системи, може значително да оптимизира производствения процес и да повиши качеството на изработваните детайли, като същевременно се постигне икономическа ефективност.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kuzmanov T., Hr. Metev. Technology of mechanical engineering, parts 2,3. Publishing house "EX-PRESS" Ltd. - Gabrovo, 2015, 2016.
- [2] Metev H, Kuzmanov T., Manufacturing Technologies (part IV), Technological processes for CNC machines, „EX-PRESS“Ltd. – Gabrovo, Gabrovo, 2007.
- [3] Пашов С., Справочник на технолога по механична обработка, т.1,т.2., Техника, 1989, 1990.
- [4] Ръководство Solidworks, 2013
- [5] https://www.okuma.com/files/documents/mb_h_series_e_9a_400_jan2020.pdf - достъпен 04. 2026
- [6] Метев Хр., Технологическа екипировка (Приспособления за установяване на заготовките). УИ "В. Априлов", Габрово, 2013.
- [7] <https://cuttingtools.ceratzit.com/> - достъпен 04. 2026
- [8] https://guehring.com/wp-content/uploads/2018/dokumente/EN/threading-tools/10_GUE_Pionex_Gewindewerkzeuge_2018_EN.pdf - достъпен 04. 2026
- [9] <https://www.iscar.com/ecatalog/Applications.aspx?mapp=TH>-достъпен 04. 2026
- [10] https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/corotap_400/-достъпен 04. 2026 - достъпен 04. 2026
- [11] <https://www.emuge.com/-03.2024/> - достъпен 04. 2026
- [12] Radev Hr., Taps – Constructions and field of application, TechCo-2025, Lovech, 159-164, ISSN 2535-079X

РЕЖЕЩА МИНЕРАЛОКЕРАМИКА – ХАРАКТЕРИСТИКИ, СВОЙСТВА
И ОБЛАСТ НА ПРИЛОЖЕНИЕ**Христо Радев***hradew81@abv.bg**кафедра ИТД, ТУ-Габрово, 5300, БЪЛГАРИЯ*CUTTING MINERAL CERAMICS – CHARACTERISTICS, PROPERTIES
AND AREA OF APPLICATION**Hristo Radev***hradew81@abv.bg**Department of Industrial technology and design, Technical university of Gabrovo***Abstract**

The use of modern cutting tools makes it possible to process materials that are hardened and have high hardness. Compared with traditional high-speed steels and carbide cutting tools, ceramic tool materials have great advantages in the field of high-speed machining and difficult-to-machine materials, resulting from their high hardness, excellent wear resistance, temperature resistance, good chemical resistance, small coefficient of thermal expansion and low coefficient of friction. As a result, they are considered one of the most suitable tool materials for high-speed machining of difficult-to-machine materials, hardened steels and cast irons in dry cutting conditions, especially suitable for CNC machine tools.

Keywords: mineral ceramics, characteristics, properties, application.

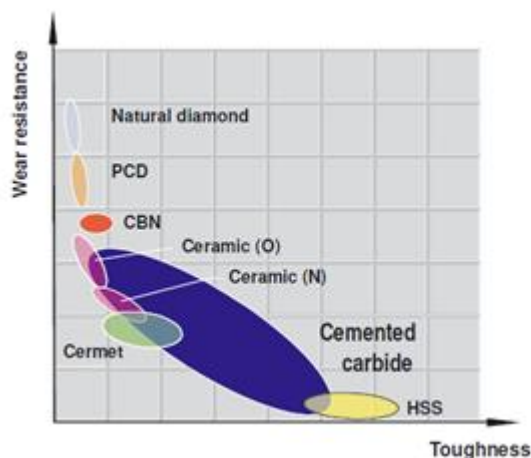
ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременното машиностроене се използват голям брой разнообразни по конструкция и предназначение метало-режещи инструменти, с които се предават необходимата форма и размери на обработваните детайли. От режещия инструмент пряко зависи качеството на обработените повърхнини и производителността при обработване. Работоспособността на режещия инструмент също така оказва съществено влияние на икономическата ефективност на производствения процес [1].

Усъвършенстването на инструменталните материали се извършва главно по пътя на повишаване на тяхната твърдост и топлоустойчивост, чрез използване на високолегиращи метали: волфрам, кобалт, ванадий, титан и др., а също и на техните карбиди. Така например скоростта на рязане се увеличава с увеличаване на твърдостта на използвания инструментален материал. По този критерий

прилаганите в практиката материали се подреждат в следната последователност – фиг. 1[1]:

- бързорежещи стомани;
- твърди металокерамични сплави;
- минералокерамика;
- диамант;



Фиг. 1. Инструментални материали

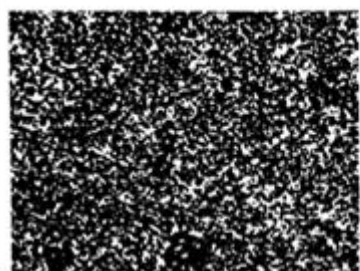
За обезпечаване на машиностроителните предприятия с инструментални

стомани и твърди сплави се изискват огромни количества от тези скъпо струващи материали. Основната цел е да се съкратят разходите им или да се заменят с по-ефективни инструментални материали. Появата на инструменталната минералокерамика до известна степен решава тази задача, създавайки нови перспективи за по-нататъшното повишаване на скоростта на рязане, а от тук и производителността на труда.

Целта на статията е да се представят основните характеристики, свойства и приложения на режещата минералокерамика в инструменталното производство.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Минералокерамичните режещи материали се получават на основата на диалуминиев триоксид (Al_2O_3) или силициев нитрид (Si_3N_4), чрез пресоване и изпичане – фиг. 2 [1, 2].



Composition:
 Al_2O_3 , TiC

Grain size:
> 1 μm

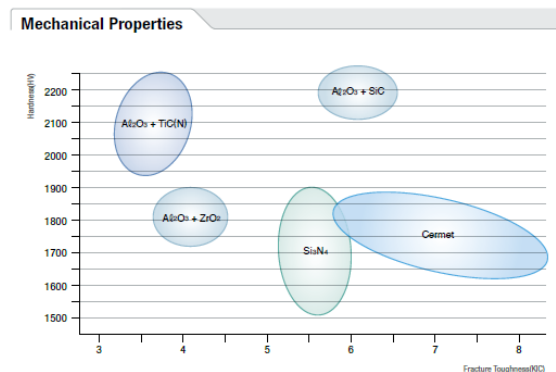
Hardness:
HV 2100

Фиг. 2. Структура на минералокерамична сплав

Изходните материали за тяхното производство са многократно по-евтини от тези за металокерамични твърди сплави.

Минералокерамичните материали имат добра якост на натиск, голяма твърдост (92÷95 HRA), топлоустойчивост и износоустойчивост, добра химическа устойчивост, както и малък коефициент на триене при рязане. Това позволява да се обработват материали с повишена твърдост и с големи скорости на рязане. Керамичните инструменти могат да поемат много по-високо топлинно

натоварване от карбидите (твърдосплавните), защото температурата им на топене е в диапазона от 2200 °C в сравнение с около 870 °C за карбидните инструменти – фиг. 3. Следователно, керамичните режещи инструменти се препоръчват за високоскоростна обработка на трудно обработваеми материали в условия на суха обработка. [2, 3].



Фиг. 3. Механични свойства на минералокерамика

Тези материали обаче имат и някои съществени недостатъци, които ограничават тяхното приложение: понижена якост на огъване и ударна якост, малка пластичност и топлопроводимост, голяма чувствителност към температурни промени. Затова инструментите от минералокерамика се използват предимно за чисто обработване на труднообработваеми материали, легирани и закалени стомани и чугуни, при постоянно натоварване и когато няма вибрации. Работи се без прилагане на смазочно-охлаждаща течност, за да се избегне топлинното разрушаване. Механичното счупване може да се минимизира, като се използват металорежещи машини с голяма стабилност и непрекъснато рязане. Съществено влияние оказва изборът на скорост на рязане и на геометрия на режещия инструмент [3].

Минералокерамичните режещи материали се използват във вид на сменяеми режещи пластини с определена форма и размери. Обикновено от минералокера-

мика се произвеждат режещи пластини, които се закрепват механично към тялото на инструмента. Заготовките се получават като преди формоването фино смлените окисни прахове се смесват с подходящи течни среди и инхибитори, влияещи върху растежа на зърната, както и с вещества, подобряващи гладкостта. В повечето случаи пресоването се извършва на студено при високи налягания. Получаваните пресовани заготовки често пъти предварително се обработват за снемане на излишния материал с цел получаване на симетрични тела с прости форми. Пресованите заготовки се изпичат в печи при високи температури 1600-1800°C [4]. По време на изпичането керамичното тяло се свива, поради което изходната заготовка по правило е с по-големи размери. На готовите керамични детайли се задава допуск на линейните размери в границата $\pm 1\%$ (но не по-малко от $\pm 0.13\text{mm}$). Получените пластини притежават голяма твърдост. Тяхната топлоустойчивост е от порядъка на 1200-1250°C и имат голяма износоустойчивост – таблица 1.

Табл. 1 Свойства на металорежещите материали

Режещ материал	Якост на огъване, МПа	Якост на смачкване, МПа	Твърдост, HV
Инструментална стомана	2500	2500	750
Бързорезна стомана	3700	3900	800
Металокерамична сплав	1500	3500	800
Твърда сплав	1900	5000	1700
Чиста минералокерамика	550	4000	2400
Смесена минералокерамика	650	4500	3000

Използването им вместо металокерамични твърди сплави позволява да се увеличи скоростта на рязане до 500 m/min при струговане на стомана и до 600÷1200 m/min при фрезоване на чугун (ограничението на скоростта на рязане за инструмент от обикновена твърда сплав е около 100 m/min), подаването и количеството на снетия материал да нараства до 4 пъти и постигане на грапавост

$Ra=0.63\mu\text{m}$ [3]. Режещата керамика успешно се използва при изработване на свредла и палцови фрези за обработване на специални сплави с високи скорости на рязане.

В зависимост от химичния й състав режещата минералокерамика се разделя на следните групи [5]:

✓Оксидна керамика (бяла минералокерамика), съдържа чист (97%-99,9%) алуминиев оксид (Al_2O_3 , корунд) с добавка ZrO_2 (до 10%). Характеризира се с висока твърдост и топлоустойчивост и ниска якост и жилавост. Използва се за фино и полуфино обработване на стомани (включително на закалени стомани) и чугун при високи скорости, но е силно чувствителна към ударни натоварвания поради високата си крехкост – фиг. 4.



Фиг. 4. Сменяеми пластини от оксидна (бяла) минералокерамика [6]

✓Оксидно - карбидна керамика (черна минерална керамика) - композитен материал, получен от Al_2O_3 с добавяне на определено количество (20-40 %) карбиди на труднотопими метали (WC , Mo_2C , TiC). Тя има междинни износоустойчивост, топлоустойчивост и якост между оксидната керамика и металокерамиката. Характеризира се с 1,5÷2 пъти по-голяма якост на огъване, но с по-малка износоустойчивост и топлоустойчивост в сравнение с бялата минералокерамика. Прилага се ефективно при обработване на легирани стомани и сиви чугуни, закалени стомани с висока твърдост - до 57-64 HRC и суперсплави. Добавянето на кар-

биди повишава топлоустойчивостта и подобрява износоустойчивостта и якостта на режещия ръб в сравнение с твърдите сплави и оксидната режеща керамика – фиг. 5.



Фиг. 5. Сменяеми пластини от оксидно-карбидна (черна) минералокерамика [7]

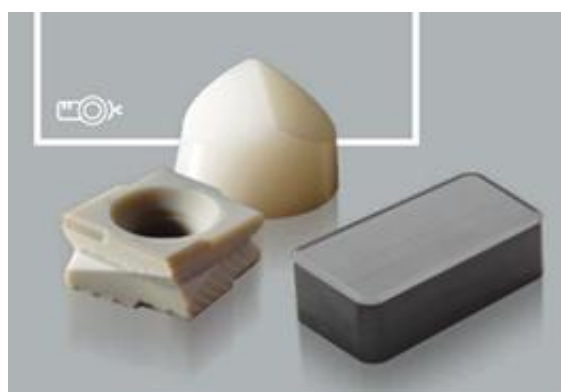
✓Оксидно - нитридна керамика - композитен материал, получен от Al_2O_3 с добавяне на определено количество TiN (картинит – състав 60% Al_2O_3 и 30% TiN) - прилага се при струговане на стомани, чугуни и сплави на цветни метали.
✓Нитридно - силициева керамика (горещо пресован силициев нитрид и сиалон – композитен материал, получен на основата на Si_3N_4 с добавяне на определено количество Al_2O_3) – фиг. 6. Инструментите от тези материали имат висока износоустойчивост при обработване на сив чугун и суперсплави, но са подложени на интензивно дифузионно износване при високоскоростно обработване на стомани. Една от разновидностите на тази керамика (Силинит - Р), получена на основата на сиалон с добавка от TiN (36,6% Si_3N_4 , 41% TiN , 15,4% Al_2O_3 , 6,2% AlN), се прилага успешно при чисто и получисто обработване на въглеродни и инструментални стомани с твърдост до 70 HRC, както и на сиви и избелени чугуни. При обработката на чугун с нитридно – силициева керамика се наблюдава, че устойчивостта на износване се увеличава с намаляване на

количествата на стъкловидната фаза. Може да се използват в условията на прекъснато струговане и челно фрезозане, когато режещият инструмент е подложен на динамични натоварвания, защото якостта на огъване достига до 700 МПа.



Фиг. 6. Сменяеми пластини от нитридно - силициева минералокерамика [7]

✓ Армирана режеща керамика с нишкovidни кристали силициев карбид - този материал съчетава висока якост на огъване (до 1000 МПа) с висока твърдост (92 HRA), износоустойчивост и топлоустойчивост. Използва се при струговане и фрезозане на закалени стомана, чугуни и суперсплави – фиг.7.

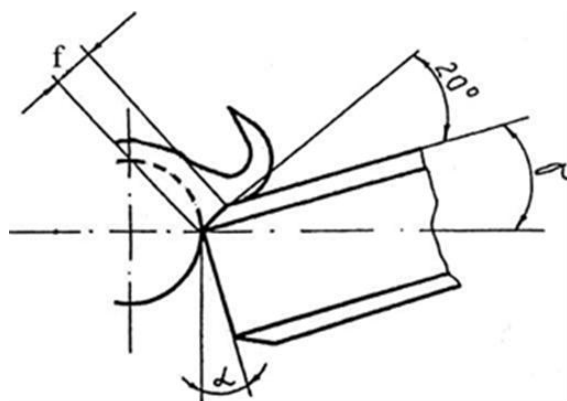


Фиг. 7. Сменяеми пластини от армирана минералокерамика [6]

Подобрения на качествата на режещата керамика се извършват в няколко направления – чрез армиране на различ-

ни примеси, предизвикващи микропукнатини, които при резки натоварвания абсорбират енергията на разрушаването; нанасяне на различни видове високо износоустойчиви покрития; нови методи на производство, както и специален подбор на суров материал и модефициране процеса на синтероване, с цел ограничаване растежа на зърната (до $2,5\ \mu\text{m}$). Известно е, че колкото по-малко е зърното, толкова материалът става по-твърд, по-здрав и по-малко зависи от посоката на силовите въздействия [2 – 4].

За да няма откъртвания по режещия ръб на минералокерамичните пластини породени от високите скорости на рязане, по предната и повърхнина се изработва заякчаваща фаска с отрицателен преден ъгъл – фиг. 8. Обикновено при стандартните пластини ширината на тези фаски е $0,15\text{--}25\text{mm}$, за стомана и с по-големи стойности при обработката на чугун - до $0,5\text{--}1\text{mm}$.



Фиг.8. Заякчаваща фаска: f - ширина на фаската; α - заден ъгъл; γ - преден ъгъл

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Керамичните режещи инструменти, в сравнение с традиционните инструменти за рязане от бързорежеща стомана и твърди сплави, са с по-висока твърдост и устойчивост на износване. Те имат по-ниски производствени разходи, по-добра устойчивост на удар и термична стабилност от диамантените и свръхтвърдите материали.

Керамичните инструменти могат да се използват за високоскоростна обработка и това улеснява ефективното използване

на високоскоростни машини, намалявайки времето за обработка, като се подобрява производителността.

Тези материали се използват предимно за обработка на труднообработваеми материали като чугун, неръждаеми и закалени стомани, никелови сплави и композитни материали.

При разработването на модерни производствени технологии, керамичните инструменти могат да се използват като заместител на шлайфането, както и могат да осигурят по-дълъг период на стабилност при автоматизирана обработка, да подобрят ефективността, да спестят работно време, енергия и заетост на машината като намалят броя на смяната на инструмента и да гарантират точността на обработката на детайла.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] S.N. Grigoriev, S. V. Fedorov and K. Hamdy, Materials, properties, manufacturing methods and cutting performance of innovative ceramic cutting tools _ a review. Published by EDP Sciences 2019 <https://doi.org/10.1051/mfreview/2019016>
- [2] Li Xikun, Liu Jing, Qiu Like Cui Tong, Qiu Guanming, and Sun Yanbin, Composition, Characteristics and Development of Advanced Ceramic Cutting Tools. Journal of rare earths, Vol.25, Suppl., Jun. 2007, p.287-295
- [3] Radev H., Yakimov H., Aleksandrova I., Investigation and modelling of surface roughness during milling of GJL-250 gray cast iron and S235JR steel using mixed ceramic tools, International Scientific Conference SysTechDev2026, Veliko Tarnovo, Bulgaria, under seal
- [4] A. S. Kumar, A. R. Durai, T. Sornakumar, Machinability of hardened steel using alumina based ceramic cutting tools. International Journal of Refractory Metals & Hard Materials 21 (2003), 109–117
- [5] J. Zhao, 25-the use of ceramic matrix composites for metal cutting applications, Adv. Ceram. Matrix Compos. 2 (2014) 623–654
- [6] www.korloy.com- available on 04. 2026
- [7] <https://cuttingtools.ceratizit.com/bg/bg/knowledge/milling/counselor/nickel-base-alloy.html> - available on 04. 2026.

НАПРАВЛЕНИЕ 3

ФИЗИКА И ИКОНОМИКА

WELGA®

Медени за Нову хопѧ

ТРАНСФЕР НА РАДИОНУКЛИДИ В СИСТЕМАТА ПОЧВА-РАСТЕНИЕ-
ХРАНА: ФАКТОРИ И РАДИОЛОГИЧНО ЗНАЧЕНИЕДаниела Недева
ТУ - ГабровоTRANSFER FACTOR IN SOIL-PLANT-FOOD SYSTEMS:
RADIOECOLOGICAL SIGNIFICANCE AND APPLICATIONS IN
RADIOLOGICAL RISK ASSESSMENTDaniela Nedeva
TU - Gabrovo

Abstract

The transfer factor (TF) is one of the most widely used parameters in radioecology because it links the concentration of radionuclides in soil with their concentration in the edible parts of plants and, subsequently, in the food chain. This review summarizes data on natural and anthropogenic radionuclides in soil-plant, soil-rice/wheat, soil-medicinal plant, and feed-milk/animal product systems. The synthesis shows that TF values vary considerably depending on the radionuclide, soil type, plant species, plant part, agricultural practices, and time elapsed after contamination. Most often, ^{40}K shows the highest transfer, which is expected due to the role of potassium as an essential element. For ^{226}Ra , ^{232}Th , and the uranium series, transfer is generally lower and more dependent on soil sorption, chemical analogues, and local conditions. The summarized results support the use of local TF data in assessing ingestion doses from food, especially in agricultural areas, NORM industries, and regions surrounding nuclear facilities.

Keywords: transfer factor; radionuclides; soil; plants; food; ^{40}K ; ^{226}Ra ; ^{232}Th ; ^{137}Cs ; radiological risk

ВЪВЕДЕНИЕ

Радионуклидите са естествена част от геоложката среда, но в определени случаи присъствието им се усилва и от човешка дейност. За хранителната верига най-важни са уран (^{238}U), торий (^{232}Th) и техните дъщерни продукти, сред които радий (^{226}Ra), олово (^{210}Pb) и полоний (^{210}Po), както и калий (^{40}K). Към тях се добавят антропогенни радионуклиди като цезий (^{137}Cs) и стронций (^{90}Sr), свързани с ядрени изпитания, аварии или контролирани освобождавания. След като попаднат в почвата, част от тези изотопи може да премине през корените, да се придвижи към ядливите органи на растенията и чрез растителни или животински храни да участва във вътрешното облъчване на човека [1,2].

Именно тук трансферният фактор придобива значение. Той не е просто числено съотношение между две проби, а удо-

бен начин да се опише връзката между геохимичната среда и биологичното натрупване. Поради това TF се използва широко в радиологичните модели, при планиране на мониторинг, при оценка на земеделски земи и при избор на контрамерки след аварийно замърсяване. Международната агенция за атомна енергия (IAEA) отбелязва, че справочните стойности са полезни като първа ориентация, но местните отклонения могат да бъдат значителни, понякога с порядък или повече [3]. Това е особено важно за региони с различен климат, почвено развитие и земеделски практики.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В най-използваната си форма трансферният фактор от почва към растение се изчислява като отношение между активностната концентрация на даден радионуклид в растителната проба и ак-

тивностната му концентрация в почвата: $TF = A_p/A_s$.

Обикновено и двете величини се изразяват в Bq/kg сухо тегло. На пръв поглед това е проста зависимост, но практическото ѝ използване изисква добра методична дисциплина. За да бъдат стойностите съпоставими, трябва ясно да се посочат растителната част, фазата на развитие, дълбочината на почвената проба, начинът на сушене и дали резултатите са за суха или свежа маса. В протоколите на FAO/IAEA/IUR най-често се използва ядливата част при прибиране на реколтата, а за повечето култури почвата се представя чрез горния 20 cm слой; при треви често се използва 10 cm слой [3,4,5].

Повечето разгледани изследвания определят ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs чрез гама-спектрометрия с HPGe детектори. Пробите се сушат, хомогенизират и при необходимост се оставят за достигане на радиоактивно равновесие между радий и дъщерните му продукти. Когато активността на даден вторичен изотоп е много ниска, се прилагат и методи като ICP-MS или ICP-OES за стабилни аналози. Uchida et al. (2005) използват именно такъв подход при ориз и пшеница в Япония, като сравняват стабилни Cs и Sr с ^{137}Cs и ^{90}Sr при условия, близки до равновесни. Така се получава по-надеждна основа за дългосрочни оценки, при които преките радиометрични измервания често са на границата на чувствителността [6].

Фактори, определящи трансфера

Най-характерната черта на TF е неговата променливост. IAEA (2006) обобщава, че стойностите зависят едновременно от почвата, културата и радионуклида, а при ^{137}Cs голямо значение има и времето, през което замърсяването е престояло в почвата. С времето цезият се фиксира в глинести минерали и става по-слабо достъпен за корените. Затова при

прясно отлагане TF може да бъде значително по-висок, отколкото при старо, вече стабилизирано замърсяване. При стронций (Sr) ефектът на времето е по-слаб, но катионният обмен, съдържанието на калций и почвената реакция остават съществени.

Почвата може да се разглежда като първия филтър между радионуклида и растението. Нейното pH, органичното вещество, текстурата, минералогичният състав, капацитетът на катионен обмен, както и обменяемите K^+ и Ca^{2+} определят разтворимостта и конкуренцията при поглъщане. Rout et al. (2021) обръщат внимание, че в тропични почви бързото разграждане на органичната материя и ниският обменен капацитет на силно изветрелите глини могат да увеличат бионаличността. Това обяснява защо стойности, получени за умерени почви, невинаги са подходящи за тропични или субтропични райони.

От своя страна растението не е пасивен приемник. Видът, сортът, органът и физиологичната фаза могат да променят крайния резултат. Листата често натрупват повече радионуклиди от плодове, корени или семена, защото са метаболитно активни и участват в транспирационния поток. Учени през 2018 г. установяват по-високи концентрации и TF в листата на тайландски лечебни растения в сравнение с цветове и корени [7]. Сходна картина се наблюдава и при дивни растения от Западните Гхати, където някои видове показват предпочитано натрупване на ^{238}U , ^{210}Po , ^{232}Th и ^{40}K [8].

Храни и лечебни растения

Зърнените култури заслужават отделно внимание, защото имат голям дял в храненето и често се използват като референтна група. В японски условия автори на изследвания съобщават геометрични средни TF за ^{137}Cs и ^{90}Sr в кафяв ориз съответно 0.0043 и 0.015, а в полиран ориз 0.0021 и 0.0059. Тези данни

показват, че обработката на зърното може да намали активността в крайния хранителен продукт [6]. В същото време те напомнят, че между отделните години и локации могат да се получат осезаеми разлики.

Изследването на Hossain et al. (2024) върху ориз в област Jashore, Бангладеш, е добър пример за значението на локалните измервания. Авторите определят ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в почва и ориз чрез HPGe спектрометрия. За ^{40}K получените TF са съпоставими с публикувани стойности на IAEA, докато за ^{226}Ra и ^{232}Th се различават по-съществено. Вероятните причини са тинесто-глинестите и леко алкални почви, сезонността, агротехниката и почвеното плодородие. Оценената годишна ефективна доза от консумация на ориз е в съгласие с данните на UNSCEAR, а рискът от рак през живота остава под референтното ниво 1.10^{-3} в повечето случаи [2].

При зеленчуци и други култури най-устойчивата закономерност е високият TF за ^{40}K . В Ирак Mostafa et al. (2021) измерват ^{238}U , ^{232}Th и ^{40}K в ориз, пшеница, плодове, бобови и листни зеленчуци. Най-високите стойности са отчетени при пшеница: 0.32 за ^{238}U , 0.70 за ^{232}Th и 3.44 за ^{40}K , като средният TF за ^{40}K е 1.85. В Палестина Jazzar and Thabayneh (2014) намират средни TF от почва към растителни листа 0.60 за ^{226}Ra , 0.50 за ^{238}U , 0.31 за ^{232}Th и 1.70 за ^{40}K ; при трева стойностите за ^{226}Ra , ^{238}U и ^{232}Th са още по-високи. Това показва, че листните и фуражните тъкани могат да бъдат чувствителен индикатор за трансфер към хранителната и фуражната верига [5,9].

Лечебните растения са по-особен случай. Те често се използват директно като чайове, прахове или екстракти, а понякога се събират от места със специфичен геохимичен фон. Saenboonruang et al. (2018) съобщават средна активност 610 ± 260 Bq/kg сухо тегло и геометричен TF 2.0 за ^{40}K , докато за ^{226}Ra стойностите са

значително по-ниски - 4.8 ± 2.6 Bq/kg и TF 0.17. Разликата е показателна: калият е есенциален елемент и активно участва в растителния метаболизъм, докато радият се ограничава по-силно от почвената сорбция и конкуренцията с химични аналози.

Радиологичната оценка не приключва с растението. Когато тревата или друг растителен материал се използват като фураж, радионуклидите могат да продължат към мляко, месо и яйца. Machraoui et al. (2019) изследват земеделски почви и храни около фосфатни индустриални райони в Южна Тунис. Макар концентрациите на ^{40}K , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ra и ^{137}Cs в почвите да са под световните средни стойности, трансферните параметри ясно зависят от матрицата. При листни зеленчуци TF за ^{40}K е по-висок, отколкото при плодови зеленчуци, а трансферът почва-трева следва реда $^{40}\text{K} > ^{210}\text{Pb} > ^{226}\text{Ra}$. За мляко коефициентите grass-to-milk за ^{40}K и ^{210}Pb са в интервала $2.10^{-3} - 4.10^{-3}$, като оценките за външен гама-риск остават в безопасни граници [10].

Подобна верига е разгледана и в Lembang, Западна Ява. Yasmint et al. (2025) измерват ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и ^{137}Cs в почва, слонска трева и краве мляко. ^{40}K има най-висок трансфер както от почвата към тревата, така и от фуража към млякото. ^{137}Cs е установен в почва и трева, но не и в мляко, а нивата на радий и торий в млякото са минимални [11]. Такива резултати показват, че фуражният път трябва да се оценява по цялата последователност, а не само по наличието на радионуклид в почвата.

Значение за оценката на дозата и управлението на риска

Най-същественият извод от разгледаните данни е, че TF не бива да се третира като постоянна величина. Той е емпиричен параметър, но носи ясна екологична информация. Работи добре в моделирането само когато е известно за кой поч-

вен слой, коя култура, коя растителна част и какъв тип пробна маса се отнася. Без тези уточнения числата лесно стават несъпоставими. Поради това Rout et al. (2021) препоръчват използване на специфични за обекта данни при дозови оценки за конкретен регион, а при липса на такива - внимателно подбиране на компилирани стойности по растителни групи и почвени типове.

Практическите следствия са няколко. ^{40}K често доминира активността в растенията, но това е свързано с физиологичния контрол върху калия и не трябва механично да се тълкува като антропогенен риск. Ниските TF за торий (Th) и радий (Ra) също не изключват локален проблем, особено при NORM-индустрии, употреба на фосфатни торове или почви с необичаен геохимичен фон. При аварийни сценарии с ^{137}Cs времето след отлагането е решаващо, защото свежото замърсяване може да бъде достъпно за растенията от старото, фиксирано в минералната фаза замърсяване [3,12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трансферният фактор е полезен мост между измерената радиоактивност в околната среда и реалната експозиция чрез храната. Данните от Азия, Близкия изток, Северна Африка и тропичните региони очертават обща картина: ^{40}K се пренася най-активно, листните и фуражните растения често са по-чувствителни от плодове и семена, а ^{226}Ra , ^{232}Th и U-серията обикновено са по-силно ограничени от почвената сорбция и геохимичната форма. Въпреки това вариационността остава голяма. Затова справочните стойности са полезни като ориентир, но не могат да заместят местните измервания. Надеждната радиологична оценка изисква стандартизирано пробовземане, ясно разграничение между сухо и свежо тегло, подходящо статистическо трети-

ране на данни и периодично актуализиране на локалните бази данни. В този смисъл TF е не просто число, а инструмент, който показва как почвата, растението и храната свързват геологията с човешкото здраве.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Rout, S., Yadav, S., Pulhani, V. (2021). Transfer of radionuclides from soil to selected tropical plants of Indian Subcontinent: A review. *Journal of Environmental Radioactivity*, 235–236, 106652.
- [2] Hossain, S., Pervin, S., Lubna, L., Karmaker, S., Yeasmin, S., Khandaker, M. U. (2024). Transfer factors of naturally occurring radionuclides from soil-to-rice cultivated in Bangladesh and associated health implications. *Heliyon*, 10, e38004.
- [3] IAEA. (2006). Classification of soil systems on the basis of transfer factors of radionuclides from soil to reference plants. IAEA-TECDOC-1497. International Atomic Energy Agency, Vienna
- [4] Salim S., D. Nedeva, N. Arhangelova Gamma Radiation Distribution Maps in Soil samples from Shumen Plateau, Bulgaria”, UNITECH’23, ISSN 1313-230X, pp. II-327 - II-332
- [5] Jazzar, M. M., Thabayneh, K. M. (2014). Transfer of natural radionuclides from soil to plants and grass in the western north of West Bank environment-Palestine. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 2(5), 252–258.
- [6] Uchida, S., Tagami, K., Hirai, I., Komamura, M. (2005). Transfer factors of radionuclides and stable elements from soil to rice and wheat. *Radioprotection*, 40(Suppl. 1), S129–S134.
- [7] Saenboonruang, K., Phonchanthuek, E., Prasandee, K. (2018). Soil-to-plant transfer factors of natural radionuclides (^{226}Ra and ^{40}K) in selected Thai medicinal plants. *Journal of Environmental Radioactivity*, 184–185, 1–5.
- [8] Manigandan, P. K., Manikandan, N. M. (2008). Migration of radionuclide in soil and plants in the Western Ghats environment. *Iranian Journal of Radiation Research*, 6(1), 7–12.

- [9] Mostafa, M. Y. A., Kadhim, N. F., Ammer, H., Baqir, Y. (2021). The plant transfer factor of natural radionuclides and the soil radiation hazard of some crops. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 320.
- [10] Machraoui, S., Purushotham, M. M., Naregundi, K., Labidi, S. (2019). Assessment of radionuclide transfer factors and transfer coefficients near phosphate industrial areas of South Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research*.
- [11] Yasmint, I. G., Waris, A., Pudjadi, E. (2025). Assessment of transfer factors for natural radionuclides and radiocesium from soil-to-plant and plant-to-cow's milk on a cattle farm in Lembang. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1330, 012021.
- [12] Arhangelova, N., Salim, S. Investigation of the radioactivity of sands collected from Bulgarian Black Sea coast. *BioRisk* 2026, 24: 103-117.

**РАДИОНУКЛИДИ В ПОЧВЕНО-РАСТИТЕЛНАТА СИСТЕМА:
МЕХАНИЗМИ НА НАТРУПВАНЕ, ТРАНСФЕР И ЕКОЛОГИЧНО
ЗНАЧЕНИЕ**

Даниела Недева
ТУ - Габрово

**RADIONUCLIDES IN THE SOIL-PLANT SYSTEM: MECHANISMS OF
ACCUMULATION, TRANSFER, AND ECOLOGICAL SIGNIFICANCE**

Daniela Nedeva
TU - Gabrovo

Abstract

This review examines the main mechanisms of radionuclide accumulation and transfer within the soil-plant system. It discusses atmospheric deposition, retention in soil, foliar uptake, and root absorption as key pathways through which radionuclides enter plants. Special attention is given to the factors that influence radionuclide behavior, including their physicochemical properties, soil type, environmental conditions, plant morphology, and the structure of leaf surfaces. The review also considers the significance of long-lived radionuclides such as ^{137}Cs and ^{90}Sr , as well as the importance of ^{131}I in cases of recent atmospheric deposition. The text emphasizes that plants play a dual role: they participate in the transfer of radionuclides through food chains and can also serve as an effective monitoring system for assessing radioactive contamination and its long-term ecological behavior.

Keywords: radionuclides; soil; plants; radioactive contamination; foliar uptake; root absorption; environmental monitoring.

ВЪВЕДЕНИЕ

Радионуклидите са радиоактивни атомни ядра, които могат да попаднат в околната среда вследствие на ядрени опити, аварии, промишлени дейности или контролирани технологични процеси [1]. След като бъдат освободени в атмосферата, част от тях се отлагат върху земната повърхност и постепенно навлизат в почвите, водите и живите организми. Поради това поведението им в системата „почва–растение“ е важна тема както за радиоекологията, така и за оценката на риска за човека [2,3].

Дългоживеещите радионуклиди, като ^{137}Cs и ^{90}Sr , са особено значими, защото могат да се задържат в екосистемите десетилетия. Намаляването на концентрацията им не зависи само от физичния радиоактивен разпад. В почвата протичат и други процеси – вертикално преместване на частици, свързване с мине-

рални и органични компоненти, отмиване, както и преминаване в растенията. Затова в екологията често се използва понятието ефективен период на полуизвеждане, което отчита всички механизми, водещи до намаляване на активността в дадена среда.

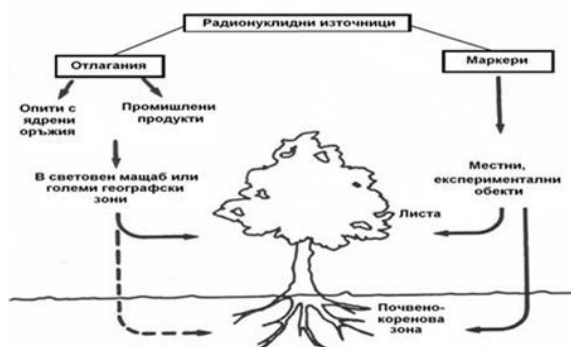
За нашите географски ширини ефективното полуизвеждане на ^{137}Cs от почвата се оценява приблизително на около 20 години, а на ^{90}Sr – около 15 години. Тези стойности обаче не са универсални. Те зависят от типа почва, влажността, температурата, съдържанието на глина и органично вещество, както и от химичната форма, в която се намира съответният радионуклид [4].

ИЗЛОЖЕНИЕ

Пътища на постъпване на радионуклиди в растения

Растенията могат да натрупват радионуклиди по два основни пътя: чрез надземните си части и чрез кореновата система (фиг.1). При листното усвояване радионуклидите попадат върху листата и стъблата като прахови частици, аерозоли, капки или газообразни съединения. При кореновото усвояване те се намират в почвения разтвор или са свързани с почвените частици и достигат до растението чрез ризосферата.

На практика двата пътя рядко могат да бъдат напълно разделени. Частиците, попаднали върху листната повърхност, могат да бъдат отмити от дъжд или роса и да достигнат до почвата. Обратно, радионуклидите, които вече са натрупани в почвата, могат да бъдат усвоени чрез корените и да се разпределят в различни органи на растението. Поради тази взаимовръзка реалното поведение на радионуклидите в растенията трябва да се разглежда като динамичен процес, зависим от времето след замърсяването.



Фиг. 1. Натрупване на радионуклиди от растенията като мониторингова система [5]

Непосредствено след атмосферно отлагане по-голямо значение има листното усвояване. Тогава радионуклидите са сравнително достъпни и могат бързо да се включат в хранителната верига, особено когато замърсената растителна маса се използва за паша или фураж. В дългосрочен план водещ става кореновият път, защото радионуклидите посте-

пенно се прехвърлят към почвата и остават там като по-стабилен източник на замърсяване.

Значение на вида растение

Не всички растения натрупват радионуклиди по еднакъв начин. Морските водорасли, мъховете и лишейте например нямат типично развити корени, стъбла и листа като висшите растения. Те усвояват голяма част от необходимите им вещества директно през повърхността си. Именно затова могат ефективно да задържат и радиоактивни частици, попаднали от въздуха.

Лишейте и мъховете имат особено значение в северните и арктичните екосистеми. Там те често представляват важна част от храната на тревопасни животни, например северни елени [6]. Когато в тях се натрупа ^{137}Cs , радионуклидът може да се пренесе по хранителната верига към животните, а след това и към човека. Този пример показва защо дори сравнително ниски нива на атмосферно отлагане могат да имат по-ясно изразени биологични последици в определени екосистеми.

При висшите растения решаващо значение имат строежът на листата, развитието на кореновата система, фазата на растеж и условията на средата. Млади листа, растения с по-фина или по-гъста власинкова повърхност, както и видове с по-тънка кутикула могат да задържат и пропускат замърсители по различен начин в сравнение с растения с по-дебела восъчна покривка.

Листна повърхност и задържане на радиоактивни частици

Листната повърхност не е гладка и еднаква при всички растения. Тя може да включва кутикула, восъчни отлагания, власинки, жлези и устица. Тези структури влияят върху това дали една радиоактивна частица ще се задържи, ще бъде отмита или ще премине към вътрешните тъкани на листото [7].

Кутикулата изпълнява ролята на първа защитна граница между външната среда и живите клетки на листото. Тя обикновено е хидрофобна, тоест отблъсква водата. Това може да намали контакта между водните капки и листната повърхност. От друга страна, ако повърхността е покрита с власинки или има неравности, сухи частици могат да се задържат механично и по-късно да се разтворят при овлажняване.

Под кутикулата се намират пектинови и целулозни структури, които също участват в задържането и преноса на йони (фиг. 2). За да се включи в метаболитните процеси на растението, даден радиоактивен йон трябва да премине през външните бариери и да достигне до клетъчната мембрана. След това той може да остане в листото, да се придвижи към други органи или да се натрупа в определени тъкани.



Фиг. 2. Натрупване на радионуклиди в растенията като мониторинг система лист-модел.

Листно усвояване на ^{90}Sr , ^{131}I и ^{137}Cs

Сред радионуклидите, свързани с продуктите на ядрено делене, особено внимание се отделя на ^{90}Sr , ^{131}I и ^{137}Cs [8,9]. Те се различават по физичен полуживот, тип излъчване, химично поведение и биологична подвижност. ^{131}I е полукраткоживеещ, но е важен непосредствено след замърсяване, защото може бързо да попадне в хранителната верига. ^{90}Sr и ^{137}Cs са по-дългоживеещи и имат

значение за по-продължителното замърсяване на почви и растения [10].

Отлагането върху растенията може да бъде мокро или сухо. Мокрото отлагане се извършва чрез дъжд, сняг, роса или мъгла, а сухото – чрез утаяване на прахови частици или аерозоли. Размерът на частиците е съществен: много големите частици по-трудно се задържат върху листата, докато по-фините могат да останат по повърхността и да бъдат постепенно разтворени или включени в тъканите.

Биологичната достъпност на радионуклидите зависи не само от количеството, което е паднало върху растението, но и от формата, в която се намират. Ако даден радионуклид е лесно разтворим, вероятността да бъде усвоен е по-голяма. Ако е плътно свързан с неразтворими частици, той може да остане основно като повърхностно замърсяване. Това обаче не означава, че е без значение, защото при паша замърсената листна маса може директно да попадне в храносмилателната система на животните.

Кореново усвояване и роля на почвата

След като радионуклидите достигнат до почвата, тяхното поведение се определя от комплекс от физико-химични фактори. Част от тях се намират в почвения разтвор и са по-лесно достъпни за корените. Друга част се свързва с глинести минерали, органично вещество или колоиди, което може да намали подвижността им.

^{137}Cs често се задържа силно от глинестите компоненти на почвата, поради което неговата достъпност за растенията може да бъде ограничена. ^{90}Sr има поведение, близко до това на калция, затова наличието на калций и други конкурентни йони в почвата влияе върху степента на усвояването му. При почви с високо съдържание на органична материя, различна киселинност или променлива влажност скоростта на пренос може да

бъде значително различна [11].

Кореновият път е особено важен при стари отлагания, когато няма скорошно радиоактивно замърсяване от атмосферата. В такива случаи растенията могат да служат като индикатор за наличното замърсяване в почвата, но резултатите трябва да се тълкуват внимателно. Необходимо е да се знаят характеристиките на почвата, дълбочината на разпределение на радионуклидите и особеностите на конкретния растителен вид.

Сравнение между листния и почвено-кореновия път

Най-общо разликите между двата пътя могат да се обобщят така:

Табл. 1 Разлики между листен и почвено-коренов път

Критерий	Листен път	Почвено-коренов път
Период на най-голямо значение	Непосредствено след атмосферно отлагане	При по-стари и натрупани почвени депозити
Достъпност на радионуклидите	Често е висока, особено при разтворими частици и мокро отлагане	Зависи от химичната форма, почвения разтвор и свързването с минерали
Основни фактори	Строеж на листа, кутикула, власинки, валжи, размер на частиците	Тип почва, органично вещество, глина, рН, конкурентни йони
Примери	^{131}I е особено важен при скорошно замърсяване; ^{137}Cs може да се придвижва в растението	^{137}Cs се задържа от почвените колоиди; ^{90}Sr се влияе от калциевия баланс
Приложение за мониторинг	Подходящ за откриване на нови атмосферни отлагания	Подходящ за оценка на дългосрочно почвено замърсяване

Растенията като биологични монитори

Растенията могат да бъдат полезни биологични монитори на радиоактивното замърсяване. Тяхната роля е двойна. От една страна, листата могат да покажат наличие на скорошни атмосферни отлагания, включително краткоживеещи радионуклиди като ^{131}I . От друга страна, кореновото усвояване и натрупването в растителната маса могат да дадат информация за дългосрочното поведение на по-стари почвени депозити.

Този подход има предимства, защото растенията отразяват реалното взаимодействие между замърсителя и средата. Те не измерват само наличието на радионуклиди, а показват каква част от тях е потенциално достъпна за биологичните системи. Това е важно при оценка на риска за животни и хора, тъй като хранителната верига е един от основните пътища за вътрешно облъчване.

В същото време растенията не могат да бъдат използвани като универсален измерител без допълнителна информация. Резултатите зависят от вида растение, възрастта му, сезона, влажността, особеностите на почвата и историята на замърсяване [12]. Затова най-надеждната оценка се получава, когато растителните проби се съчетават с почвени анализи, данни за атмосферно отлагане и гамаспектрометрични измервания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Натрупването на радионуклиди в растенията е резултат от едновременното действие на физични, химични и биологични процеси. Листният път е по-важен веднага след радиоактивно отлагане, докато кореновият път има по-голямо значение за дългосрочното поведение на радионуклидите в почвата. ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{131}I са сред най-често разглежданите изотопи, защото се различават по полуживот, подвижност и значение за хранителните вериги.

Познаването на тези механизми е необходимо за правилно тълкуване на данните от екологичен мониторинг. То позволява да се оцени не само дали дадена среда е замърсена, но и доколко радионуклидите са достъпни за растенията, животните и човека. Поради това изследванията на системата „почва–растение“ остават важна част от радио-екологията и от практиките за радиационна безопасност.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Vasilev G., Radioecology, Tita Consult, Sofia, 2005
- [2] Arangelova, N., Salim, S., Todorov, G., Veleva, L. Measurements of background radiation in the area of Progled village, Western Rhodopes mountain, Proceedings of International Scientific Conference 2024, ISSN:1313-230X
- [3] Arangelova N., S. Salim, H. Hristov, B. Pavlova, D. Nedeva, Zh. Dimitrova, Gamma-Spectrometric Analysis of Plant samples collected from Shumen Plateau and Rhodope Mountains, “UNITECH‘20”, ISSN 1313-230X, pp. II-410 - II-413, 2020
- [4] Arangelova N., Salim S., Investigation of the radioactivity of soils collected from Shumen Plateau Nature Park, Bulgaria, Ecologia Balkanica, Vol. 16, Issue 1, pp. 102-111, 2024
- [5] Koranda, J. J., & Robison, W. L. (1978). Accumulation of radionuclides by plants as a monitor system. Environmental Health Perspectives, 27, 165–179. DOI: 10.1289/ehp.7827165
- [6] Solatie, D.; Junttila, M.; Vesterbacka, P. ^{210}Po and ^{210}Pb in the food chain lichen–reindeer–man. Radiochemistry 2006, 48, 632–633
- [7] Russell, R. S. (1965). Interception and retention of airborne material on plants. Health Physics, 11, 1305
- [8] Cankov L., Ecology of the Nuclear Fuel Cycle. Lecture Notes. Second Edition, 2006
- [9] Arangelova, N., Vasileva, S., Salim, S., Pavlova, B., Hristov, H. Gama spectrometric analysis of sands collected from the northern Black Sea of Bulgaria, Proceedings, Volume IV, Unitech‘19, ISSN 1313-230X, Gabrovo, 355-359
- [10] Arangelova, N., Davidova, R., Radionuclide content and their impact on testate amoebae (Amoebozoa, Rhizaria) in dams from Northeastern Bulgaria, Proceedings, Volume IV, Unitech‘19, ISSN 1313-230X, Gabrovo, 364-367
- [11] Wittwer, S. H., et al. (1965). Pathways and mechanisms for foliar absorption of mineral nutrients as revealed by radioisotopes. Proceedings of Symposium on Isotopes and Radiation in Soil-Plant Nutrition Studies, IAEA, Vienna
- [12] Romney, E. M., et al. (1963). Contamination of plant foliage with radioactive fallout. Ecology, 44, 343.

**ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ТРУДОВАТА МОТИВАЦИЯ И
МЕХАНИЗМИТЕ ЗА ПРИВЛИЧАНЕ И ЗАДЪРЖАНЕ НА СЛУЖИТЕЛИ
В МИКРО-, МАЛКИ И СРЕДНИ ПРОИЗВОДСТВЕНИ
ПРЕДПРИЯТИЯ – ЧАСТ 1**

Зина Христова

**RESEARCH AND ANALYSIS OF WORK MOTIVATION AND
MECHANISMS FOR ATTRACTING AND RETAINING EMPLOYEES
IN MICRO, SMALL AND MEDIUM-SIZED MANUFACTURING
ENTERPRISES – PART 1**

Zina Hristova

Abstract

In the dynamically developing economic environment of recent years, micro, small and medium-sized enterprises have more often faced various challenges and barriers due to their limited financial and technical resources compared to large enterprises. In order to cope with changing circumstances and remain competitive in the market, they need to undergo transformation, focusing their attention not only on new methods, ideas and concepts, but also on the human factor.

This publication presents the results of a survey conducted among the personnel of micro, small and medium-sized manufacturing enterprises. The aim is to determine the degree of work motivation and job satisfaction, as well as to identify the problems related to attracting and retaining qualified employees.

Keywords: Degree of work motivation, job satisfaction, attracting and retaining qualified employees

ВЪВЕДЕНИЕ

В бурно развиващата се икономическа среда в която микро-, малките и средните предприятия са принудени да осъществяват своята дейност, за да се справят с променящите се обстоятелства на пазара, те трябва да фокусират вниматието си на човешкия фактор. За да се справят с промените в технологиите, ограничените ресурси, повишената конкуренция и все по-високите очаквания и изисквания на клиентите [1] те трябва да привличат и задържат повече висококвалифицирани кадри, което не винаги е възможно с по-високо възнаграждение.

В последните години все повече служители освен атрактивно заплащане, изискват и признаване на техния труд като търсят предприятия, които осигуряват положителна работна среда с различни поощрения и бонуси. Микро-, малките и средни предприятия

поради значително по-ограничените си ресурси, в сравнение с големите предприятия, по-трудно удовлетворяват изискванията им, което рефлектира на тяхната мотивация и задържането им на работа, както и привличането на нови висококвалифицирани кадри.

Удовлетвореността на служителите е решаващ фактор за мотивацията и задържането им, както и за общата производителност на предприятието. По-щастливите служители са по-продуктивни на работното място и обратно. Поради това, подобряването на удовлетвореността им е важен приоритет за развитието на всяко предприятие и е основа за планиране агажираността и задържането на всеки кадър.

За да се разбере дали служителите в едно предприятие са доволни от ползите които им се предоставят, периодично трябва да се прави измерване на нивата на удовлетвореност и мотивацията им да

останат в него. Ползите от провеждането такова изследване са много, като по-важните са:

- Идентифицират се общи проблеми сред служителите
- Предвижда се текучеството
- Получава се обратна връзка доколко са ефективни усилията на предприятието за подобряване на удовлетвореността
- Идентифицират се нови тенденции и др.

Измерването на нивата на удовлетвореност на персонала се осъществява чрез предоставяне на въпросник на всеки член на екипа, който съдържа кратки и стегнати въпроси лесни за разбиране. За да се гарантира честността на отговорите той трябва да е анонимен [2, 3, 4].

ИЗЛОЖЕНИЕ

В публикацията са представени резултати от анкетно проучване в предприятията от мебелната промишленост. Целта ѝ е да се изследва паралелно характера на професионалната мотивация и удовлетвореността от работата на производствения персонал в микро-, малко и средно предприятия, както и за идентифициране на проблемите свързани с привличането и задържането на квалифицирани служители.

Събирането на данни е проведено от екип през месеците март и април 2026 г., чрез лично интервюиране. Поради различния брой персонал в трите типа предприятия и различния брой отдели, анкетирането е ограничено по целева група само сред производствения персонал във всички предприятия и е от типа „според отзовалите се“ [5].

Предприятията обект на изследването са позиционирани в Югоисточна България като основната им дейност е производство на мебели.

Микропредприятието, участник в анкетирането, изработва предимно кух-

ненско обзавеждане с нестандартни размери по индивидуални поръчки на клиенти като извършва и дървообработващи услуги.

Малкото предприятие, освен производството на традиционни, корпусни мебели, изработва и мебели по поръчка и модел на клиента.

Средното предприятие произвежда корпусна и тапицирана мебел, специализирано обзавеждане за офиси, търговски площи, както и мебели за екстериор.

Използваната анкетна карта се състои от 12 въпроса, касаещи предимно удовлетвореността и мотивацията на производствения персонал, както и възможностите за кариерно развитие. Те са с пет степенна скала - от 1 до 5: 1- „не“; 2 – По-скоро не“; 3 - „Нямам мнение“; 4 - „По-скоро да“; 5 - „да“, като

Табл. 1 Резултати от анкетно проучване в микропредприятие

№	Въпрос	Не	По-скоро не	Нямам мнение	По-скоро да	Да
1	Удовлетворяват ли ви условията на труд на работното ви място?	2	2	1	2	1
2	Работата причинява ли ви стрес?	0	2	2	3	1
3	Налага ли се да работите с удължено работно време повече от два пъти в месеца?	0	0	0	4	4
4	Успявате ли да балансирате работата и личния си живот?	2	4	1	0	1
5	Резултатите от вашата работа проверяват ли се по подходящ начин?	1	2	2	1	2
6	Получавали ли сте менторска помощ по време на работа?	1	5	0	1	1
7	Имате ли възможност за професионално развитие във фирмата?	5	3	0	0	0
8	Фирмата предлага ли обучения, които са полезни за вашата работа?	4	3	0	1	0
9	Удовлетворени ли сте от възнаграждението си?	5	1	0	1	1
10	Получавате ли признание за добре свършена работа като парични бонуси, ваучери за храна или други?	4	1	0	2	1
11	Чувствате ли се мотивирани да давате най-доброто от себе си в работата?	2	3	1	2	0
12	Бихте ли препоръчали компанията като добро място за работа?	0	5	2	1	0

може да бъде избран само един отговор за всеки въпрос.

В **Табл. 1**, са представени резултатите от изследването проведено в микро-предприятие.

В проучването от целевата група в микропредприятието участваха 8 броя служители. Според Закона за МСП, максималния брой персонал за този тип предприятия е 10 бр. Двама от служителите които не са от целевата група не попаднаха в изследването (счетоводителя и управителят).

В **Табл. 2**, са представени резултатите от изследването проведено в малко предприятие.

Табл. 2 Резултати от анкетно проучване в малко предприятие

№	Въпрос	Не	По-скоро не	Нямам мнение	По-скоро да	Да
1	Удовлетворяват ли ви условията на труд на работното ви място?	5	6	1	8	4
2	Работата причинява ли ви стрес?	3	6	5	7	3
3	Налага ли се да работите с удължено работно време повече от два пъти в месеца?	2	11	0	6	5
4	Успявате ли да балансирате работата и личния си живот?	4	6	3	2	9
5	Резултатите от вашата работа проверяват ли се по подходящ начин?	4	6	4	6	4
6	Получавали ли сте менторска помощ по време на работа?	2	4	0	11	7
7	Имате ли възможност за професионално развитие във фирмата?	9	5	2	5	3
8	Фирмата предлага ли обучения, които са полезни за вашата работа?	2	6	3	8	5
9	Удовлетворени ли сте от възнаграждението си?	3	7	0	9	5
10	Получавате ли признание за добре свършена работа като парични бонуси, ваучери за храна или други?	0	0	0	7	17
11	Чувствате ли се мотивирани да давате най-доброто от себе си в работата?	3	5	4	3	9
12	Бихте ли препоръчали компанията като добро място за работа?	2	5	2	8	7

Типът малко предприятие има от 10 до 49 броя служители. В изследването взеха участие 24 които са от целевата група.

В **Табл. 3**, са представени резултатите от изследването проведено в средно предприятие.

Типът средно предприятие има между 50 и 249 служители. Целевата група е много по-голяма от тази в микропредприятията и малките предприятия.

Поради отсъствието на част от служителите и неотзоваването на всички от присъстващите, в изследването взеха участие 39 броя от тях.

Табл. 3 Резултати от анкетно проучване в средно предприятие

№	Въпрос	Не	По-скоро не	Нямам мнение	По-скоро да	Да
1	Удовлетворяват ли ви условията на труд на работното ви място?	4	2	7	14	12
2	Работата причинява ли ви стрес?	12	13	7	5	2
3	Налага ли се да работите с удължено работно време повече от два пъти в месеца?	27	9	0	2	1
4	Успявате ли да балансирате работата и личния си живот?	3	7	3	8	18
5	Резултатите от вашата работа проверяват ли се по подходящ начин?	0	0	17	16	6
6	Получавали ли сте менторска помощ по време на работа?	3	4	0	19	13
7	Имате ли възможност за професионално развитие във фирмата?	3	4	1	22	9
8	Фирмата предлага ли обучения, които са полезни за вашата работа?	0	0	0	12	27
9	Удовлетворени ли сте от възнаграждението си?	3	5	0	19	12
10	Получавате ли признание за добре свършена работа като парични бонуси, ваучери за храна или други?	0	0	0	8	31
11	Чувствате ли се мотивирани да давате най-доброто от себе си в работата?	2	3	7	13	14
12	Бихте ли препоръчали компанията като добро място за работа?	1	2	4	19	13

Отговорите на респондентите от проведеното изследване за трите типа предприятия, представени в **Табл. 1, 2 и 3** в настоящия доклад са групирани по сходство в три групи за всички въпроси, за улеснение при обработването им.

- Първа група - „не“ е сбор от отговорите „не“ и „по-скоро не“.

- Втора група - „да“ е сбор от отговорите „да“ и „по-скоро да“.

- В трета група са представени отговорите „нямам мнение“.

Групираните отговори за трите типа предприятия са разпределени по брой и относителен дял и са представени в Табл. 4, 5 и 6 и Фиг. 1, 2, 3 както следва:

- Табл. 4 и Фиг. 1 - микропредприятие;
- Табл. 5 и Фиг. 2 - малко предприятие;
- Табл. 6 и Фиг. 3- средно предприятие;

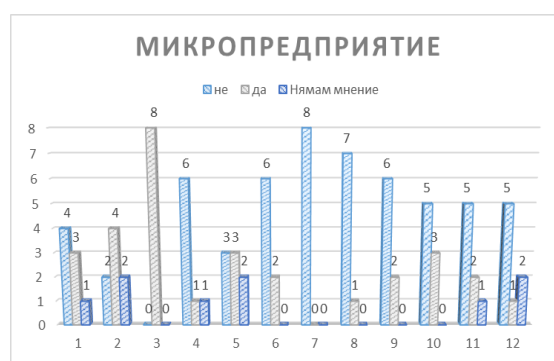
Табл. 4 Групирани отговори по брой и относителен дял в микропредприятие

№	Въпрос	Микропредприятие		
		не	да	Нямам мнение
1	Удовлетворяват ли ви условията на труд на работното ви място?	4	3	1
		50%	37%	13%
2	Работата причинява ли ви стрес?	2	4	2
		25%	50%	25%
3	Налага ли се да работите с удължено работно време повече от два пъти в месеца?	0	8	0
		0%	100%	0%
4	Успявате ли да балансирате работата и личния си живот?	6	1	1
		76%	12%	12%
5	Резултатите от вашата работа проверяват ли се по подходящ начин?	3	3	2
		38%	38%	24%
6	Получавали ли сте менторска помощ по време на работа?	6	2	0
		75%	25%	0%
7	Имате ли възможност за професионално развитие във фирмата?	8	0	0
		100%	0%	0%
8	Фирмата предлага ли обучения, които са полезни за вашата работа?	7	1	0
		87%	13%	0%
9	Удовлетворени ли сте от възнаграждението си?	6	2	0
		75%	25%	0%
10	Получавате ли признание за добре свършена работа като парични бонуси, ваучери за храна или други?	5	3	0
		62%	38%	0%
11	Чувствате ли се мотивирани да давате най-доброто от себе си в работата?	5	2	1
		62%	25%	13%
12	Бихте ли препоръчали компанията като добро място за работа?	5	1	2
		62%	13%	25%

От представените данни в Табл. 4 и на Фиг. 1, анкетното проучване сред производствения персонал в микропредприятията показва ниска степен на мотивация и удовлетвореност.

Половината от работниците не са удовлетворени от условията на труд на работното си място. На всички им се е налагало да работят с удължено работно време повече от два пъти в месеца което на половината причинява стрес, а голяма част от тях не успяват да балансират работата и личния си живот.

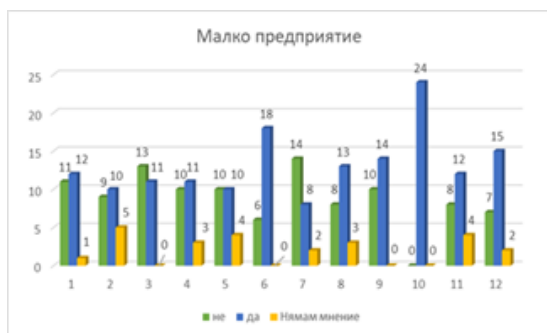
Никой от работниците не е имал възможност за професионално развитие. Само малка част от тях са получавали менторска подкрепа и са посещавали обучения за повишаване на квалификацията.



Фиг. 1. Групирани отговори на анкетно проучване в микропредприятие

Едва една четвърт са удовлетворени от възнаграждението си и се чувстват мотивирани да дават най-доброто от себе си. Повечето работници не получават бонуси за добре свършена работа или ваучери за храна и не биха препоръчали предприятието като добро място за работа.

При малките предприятия Фиг. 2 и Табл. 5, резултатите от проучването показват, по-добра удовлетвореност от условията на труд в сравнение с микропредприятията. Почти на половината от работниците се налага да работят с удължено работно време повече от два пъти в месеца, а работата им се е проверявала по подходящ начин. Това им причинява стрес и не успяват да балансират работата си и личния живот.



Фиг. 2. Групирани отговори на анкетно проучване в малко предприятие

В сравнение с микропредприятието, в малкото предприятие голяма част от работниците са получавали менторска помощ и са преминавали обучения, но едва една трета от тях посочват, че имат възможност за професионално развитие.

Табл. 5 Групирани отговори по брой и относителен дял в малко предприятие

№	Въпрос	Малко предприятие		
		не	да	Нямам мнение
1	Удовлетворяват ли ви условията на труд на работното ви място?	11	12	1
		46%	50%	4%
2	Работата причинява ли ви стрес?	9	10	5
		37%	42%	21%
3	Налага ли се да работите с удължено работно време повече от два пъти в месеца?	13	11	0
		54%	46%	0%
4	Успявате ли да балансирате работата и личния си живот?	10	11	3
		42%	46%	12%
5	Резултатите от вашата работа проверяват ли се по подходящ начин?	10	10	4
		41%	42%	17%
6	Получавали ли сте менторска помощ по време на работа?	6	18	0
		25%	75%	0%
7	Имате ли възможност за професионално развитие във фирмата?	14	8	2
		59%	33%	8%
8	Фирмата предлага ли обучения, които са полезни за вашата работа?	8	13	3
		33%	54%	13%
9	Удовлетворени ли сте от възнаграждението си?	10	14	0
		42%	58%	0%
10	Получавате ли признание за добре свършена работа като парични бонуси, ваучери за храна или други?	0	24	0
		0%	100%	0%
11	Чувствате ли се мотивирани да давате най-доброто от себе си в работата?	8	12	4
		33%	50%	17%
12	Бихте ли препоръчали компанията като добро място за работа?	7	15	2
		29%	63%	8%

Повече от половината биха препоръчали предприятието като добро място за работа и са удовлетворени от възнаграждението си. Всички получават бонуси или парични награди, но едва половината от тях се чувстват мотивирани да дадат най-доброто от себе си в работата.

Резултатът от изследването сред производствения персонал на средното предприятие - **Табл. 6** и **Фиг. 3** показва по-висока степен на удовлетвореност и мотивация в сравнение с другите два типа предприятия. По-голямата част от работниците са удовлетворени от условията на труд, работата не им причинява стрес и успяват да балансират личния си живот с работата.

Табл. 6 Групирани отговори по брой и относителен дял в средно предприятие

№	Въпрос	Средно предприятие		
		не	да	Нямам мнение
1	Удовлетворяват ли ви условията на труд на работното ви място?	6	26	7
		15%	67%	18%
2	Работата причинява ли ви стрес?	25	7	7
		64%	18%	18%
3	Налага ли се да работите с удължено работно време повече от два пъти в месеца?	36	3	0
		92%	8%	0%
4	Успявате ли да балансирате работата и личния си живот?	10	26	3
		25%	67%	8%
5	Резултатите от вашата работа проверяват ли се по подходящ начин?	0	22	17
		0%	56%	44%
6	Получавали ли сте менторска помощ по време на работа?	7	32	0
		18%	82%	0%
7	Имате ли възможност за професионално развитие във фирмата?	7	31	1
		18%	79%	3%
8	Фирмата предлага ли обучения, които са полезни за вашата работа?	0	39	0
		0%	100%	0%
9	Удовлетворени ли сте от възнаграждението си?	8	31	0
		21%	79%	0%
10	Получавате ли признание за добре свършена работа като парични бонуси, ваучери за храна или други?	0	39	0
		0%	100%	0%
11	Чувствате ли се мотивирани да давате най-доброто от себе си в работата?	5	27	7
		13%	69%	18%
12	Бихте ли препоръчали компанията като добро място за работа?	3	32	4
		8%	82%	10%

Само на много малка част се налага понякога да работи с удължено работно време. Предприятието предлага на всички работници обучения, освен това много голяма част от тях получават менторска помощ и имат възможност за професионално развитие.

Всички работници получават признание за добре свършена работа, удовлетворени са от възнагражденията си и се чувстват мотивирани да дават най-доброто от себе си. По-голямата част от тях ще препоръчат предприятието като добро място за работа



Фиг. 3. Групирани отговори на анкетно проучване в средно предприятие

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направеното проучване и получените резултати, както и от представените таблици и диаграми може да се заключи, че удовлетвореността и мотивацията на производствения персонал в трите типа предприятия е различна. Докато при микропредприятието служителите, не се чувстват мотивирани да да-

дат най-доброто от себе си в работата поради липсата на възможности за професионално развитие, ниско възнаграждение, лоши условия на труд, то при средното предприятие е обратното, резултатите са най-благоприятни.

При малкото предприятие се наблюдават както положителни, така и отрицателни тенденции.

Това до голяма степен се дължи на по-ограничените ресурси и възможности на микро- и малкото предприятия в сравнение със средното предприятие, но показва и необходимост от целенасочени управленски мерки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Андреев, Огнян. & Колева, Наталия. Използване на подхода на «Ниво на обслужване» за постигане на лийн производство. - Journal of Entrepreneurship & Innovation, ноември 2011 г, стр. 76-85. ISSN 1314-0167
- [2] (<https://www.hrservices.bg/>
<https://www.hrservices.bg/blog-post/anketi-za-udovletvorenost-i-angazhiranost-na-sluzhitelite/>) – активен на 14.06.2026 г.
- [3] <https://survey.bg/examples/hr/employee-satisfaction-surveys> – активен на 14.06.2026 г.
- [4] <https://survey.bg/preview/employee-satisfaction?template=true> – активен на 14.06.2026 г.
- [5] https://journal.ue-va-na.bg/uploads/20150220083408_186776335454e6f180a7aed.pdf – активен на 14.06.2026 г.

**ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА ТРУДОВАТА МОТИВАЦИЯ И
МЕХАНИЗМИТЕ ЗА ПРИВЛИЧАНЕ И ЗАДЪРЖАНЕ НА СЛУЖИТЕЛИ
В МИКРО-, МАЛКИ И СРЕДНИ ПРОИЗВОДСТВЕНИ
ПРЕДПРИЯТИЯ – ЧАСТ 2**

Д-р инж. Зина Христова

**RESEARCH AND ANALYSIS OF WORK MOTIVATION AND
MECHANISMS FOR ATTRACTING AND RETAINING EMPLOYEES
IN MICRO, SMALL AND MEDIUM-SIZED MANUFACTURING
ENTERPRISES – PART 1**

Dr. Eng. Zina Hristova

Abstract

This publication presents an analysis of the results of an empirical study conducted among employees in micro, small and medium-sized manufacturing enterprises. The aim of the study is to determine their level of work motivation and job satisfaction, as well as to identify problems related to attracting and retaining qualified employees.

Conclusions are drawn and proposals are formulated for improving the work environment, enhancing the qualifications and job satisfaction of the staff, and achieving higher efficiency and competitiveness.

Keywords: Degree of work motivation, job satisfaction, attracting and retaining qualified employees

ВЪВЕДЕНИЕ

Настоящата публикация е втората част от изследване, за установяване степента на мотивация и удовлетвореност от работата, както и за идентифициране на проблемите свързани с привличането и задържането на квалифицирани служители.

Както бе посочено в първата част на доклада изследването е извършено от екип, чрез анкетна карта, състояща се от 12 въпроса, с пет степенна скала. Интервюирането е лично и е проведено през месеците март и април 2026 г. Събраните данни са от три различни по големина предприятия – микро-, малко и средно, чиято основна дейност е производството на мебели. Анкетирането е ограничено по целева група само сред производствения персонал във всички предприятия. Получените отговори са групирани по сходство в три групи за всички въпроси за улеснение при обработването им.

Докато в първата част са представени резултатите от направеното анкетно проучване, сред производствения персонал на трите типа предприятия, то втората част е фокусирана върху анализът им. Направени са изводи и са предложени препоръки за подобряване на работната среда и повишаване мотивацията на персонала с цел постигане на по-висока ефективност и конкурентоспособност.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Данните от групирани отговори на респондентите за трите типа предприятия, за първи въпрос „Удовлетворяват ли ви условията на труд на работното ви място?“ са разпределени по брой и относителен дял както следва:

- 50% (4 бр.) от анкетираните в микропредприятието са отговорили, че условията на труд не ги удовлетворяват, 13% (1 бр.) – няма мнение и 37% (3 бр.)

харесват условията на труд в предприятието.

- В малкото предприятие недоволните от работната среда са 46 % (11 бр.), 4% от тях нямат мнение, но 50% (12 бр.) оценяват работната среда положително. Този резултат за двете предприятия показва, че значителна част от персонала, вижда недостатъци които могат да влияят върху мотивацията и задържането им на работа.

- В средното предприятие, голяма част 67% (26 бр.) заявяват, че са удовлетворени, докато само 15% - (6 бр.) не са и 18% - (7 бр.) нямат мнение. Това показва, че в този тип предприятие, работната среда се възприема по-скоро положително от персонала.

При Въпрос 2 – „Работата причинява ли ви стрес?“

- В микропредприятието, 50 % (4 бр.) от анкетиранияте посочват, че изпитват стрес на работното място, 25% (2 бр.) нямат мнение и 25% (2 бр.) нямат това усещане.

- В малкото предприятие отговорите са подобни с малки разлики – 42% (10 бр.) изпитват стрес, докато 37% (9 бр.) не, а 21% (5 бр.) нямат мнение. Резултатите и при двата типа предприятия показват колебание или различна интензивност на работното място. Различна възраст на персонала, също е от значение, както и кратките срокове за изпълнение с по-малко персонал.

- При средните предприятия 64% (25 бр.) от работния персонал заявява, че не изпитва стрес на работното си място, докато 18% (7 бр.) заявяват обратното и точно толкова нямат мнение. Резултатът показва по-добра организация на труда и по-ниско психическо натоварване в средното предприятие в сравнение с малкото и микропредприятието.

По отношение на периодичното удължаване на работното време – Въпрос 3 „Налага ли се да работите с

удължено работно време повече от два пъти в месеца?“ резултатите не са благоприятни особено за микропредприятието, където на 100% (8 бр.) от служителите се налага да работят с удължено работно време повече от два пъти в месеца. Това може да се обясни с ограничение броя на персонала (при микропредприятията максималния брой служители е 10 бр.).

- При малкото предприятие на 54% (13 бр.) от персонала не се е налагало да работят с удължено работно време, докато 46% (11 бр.) от тях са оставали. Това показва наличие на допълнително натоварване на почти половината служители и неравномерно разпределение на задачите.

- В средното предприятие 92% (36 бр.) заявяват, че не им се е налагало да работят с удължено работно време и едва 8% (3 бр.) са отговорили положително, което показва, че тук работното време е по-добре организирано в сравнение с предходните два типа предприятия и, че инзвън-редното натоварване е ограничено.

На Въпрос 4, „Успявате ли да балансирате работата и личния си живот?“ 76% (6 бр.) от служителите

- в микропредприятието споделят, че не успяват да балансират работата си с личния живот и по 1 служител (12%) посочват, че успява и няма мнение, което показва наличие на висока работна натовареност.

- в малкото предприятие 46% (11 бр.) успяват да постигнат необходимия баланс, докато 42% (10 бр.) не успяват, 12% (3 бр.) нямат мнение. Резултатът показва наличието на голяма група служители които не успяват да съчетават личните и професионалните си ангажменти.

- в средното предприятие 67% са заявили, че успяват да балансират личните и служебните отговорности а 25% (10

бр.) не успяват.

В микропредприятието положителните и отрицателните отговори на Въпрос 5, „Резултатите от вашата работа проверяват ли се по подходящ начин?“ са равни – по 38% (3 бр.), а 24% (2 бр.) нямат мнение.

- Съотношението на положителните и отрицателните отговори в малкото предприятие са идентични на тези в микропредприятието, съответно 41% (10 бр.) отрицателни, 42% положителни и 17% (4) нямат мнение. Отговорите показват, че механизмите за оценка на изпълнението и контрола на задачите не са представени на персонала по ясен и справедлив начин.

- В средното предприятие 56% (22 бр.) от служителите са посочили, че резултатите от работата им се проверява по подходящ начин а 44% (17 бр.) нямат мнение.

По отношение на Въпрос 6, „Получавали ли сте менторска помощ по време на работа?“, 75% (6 бр.) от анкетирания в микропредприятието съобщават, че не са получавали такава, но 25% са получавали което показва, че в това предприятие менторството е застъпено само частично.

- В малкото предприятие 75% от служителите получават такава помощ и само 25% не получават.

- В средното предприятие резултатът е сходен. 82% от анкетирания получават менторска помощ и само 18% не я получават. Резултатите в двата типа предприятия – малкото и средното показват наличие на подкрепа, наставничество и по-добра адаптация на персонала.

Въпрос 7 отчита възможността за развитие на производствените работници: „Имате ли възможност за професионално развитие във фирмата?“.

- В микропредприятието 100% от отговорите са отрицателни. В това пред-

приятие липсва възможност за растеж на персонала.

- Резултатите по отношение на професионалното развитие в малкото предприятие показват, че 59% (14 бр.) от анкетирания нямат такива възможности, но 33% (8 бр.) от отговорите са положителни, а 8% нямат мнение. Това показва, че въпреки високия процент менторска помощ, възможностите за кариерно развитие остават ограничени.

- При средното предприятие, възможността за кариерно израстване е значителна 79% (31 бр.). Отрицателните отговори са 18% (7бр.) а нямам мнение – 3%. Това показва, че този тип предприятия предоставят повече възможности за развитие от предходните.

Въпрос 8 - „Фирмата предлага ли обучения, които са полезни за вашата работа?“

- 87% (7 бр.) от служителите в микропредприятието съобщават, че то не предлага обучения, които са полезни за тяхната работа и само един служител е преминал някакво обучение.

- При малкото предприятие 54% (13 бр.) посочват, че фирмата предлага такива обучения, докато 33% (8 бр.) не споделят тяхното твърдение. 13% нямат мнение.

- В средното предприятие 100% от анкетирания са дали положителен отговор, което показва много развита политика за повишаване на професионалните умения и квалификацията на служителите.

На въпрос 9, „Удовлетворени ли сте от възнаграждението си?“, едва 25% (2 бр.) от интервюираните в микропредприятието дават положителен отговор, останалата част от 75% (6 бр.) не са удовлетворени от заплащането.

- При малкото предприятие делът на неудовлетворените също е значителен 42%, макар, че 58% (14 бр.) са удовлет-

ворени от това което получават като възнаграждение.

- В средното предприятие делът на удовлетворените респонденти е 79% (31 бр.), докато 21% (8 бр.) са неудовлетворени което е висок положителен резултат.

Положителните отговори на Въпрос 10 „Получавате ли признание за добре свършена работа като парични бонуси, ваучери за храна или други?“ в малкото и средното предприятие е 100%. Това показва, че предприятията са намерили ефективни механизми за признаване труда на служителите си.

За разлика от предходните две, в микропредприятието картината е по-различна. Голяма част от служителите 62% (5 бр.) не получават признание за старанието си на работното място, но 38% (3 бр.) получават някакви бонуси. Това показва, че поощряването в това предприятие е на избиращия принцип, което демотивира останалите служители.

На въпрос 11, „Чувствате ли се мотивирани да давате най-доброто от себе си в работата?“, 62% (5 бр.) от анкетиранияте служители в микропредприятието дават отрицателен отговор, 25% (2 бр.) от тях се чувстват мотивирани и 13% нямат мнение, което е пряк индикатор за ниска трудова мотивация и задържане на работното място.

- При малкото предприятие половината (50%) от служителите се чувстват мотивирани, но 33% (8 бр.) не, което е значителен дял, а 17% (4 бр.) нямат мнение.

- При средните предприятия се забелязва сравнително висока степен на мотивация, тъй като 69% (27 бр.) от служителите се чувстват готови да дадат всичко от себе си в работата, 13% не се чувстват готови за това а 18% (7 бр.) нямат мнение.

От направения анализ се вижда, че производствения персонал в микропредприятието демонстрира ниска степен на удовлетвореност и мотивация поради

липса на възможности за развитие и повишаване на квалификацията, ниско заплащане и др. което обяснява нежеланието на голяма част от тях да препоръчат предприятието като добро място за работа.

На Въпрос 12, „Бихте ли препоръчали компанията като добро място за работа?“, 62% (5 бр.) са отговорили с „не“ и само 13% с „да“. 25% от запитаните нямат мнение. Този резултат показва потенциален риск от текучество на кадри.

- В малкото предприятие 63% (15 бр.) от анкетиранияте работници биха препоръчали предприятието като добро място за работа, 29% от тях не биха го препоръчали, а 8% нямат мнение. Резултатът е положителен показател за удовлетвореност на служителите.

- 82% от интервюираните в средното предприятие биха го препоръчали като добро място за работа, докато 8% не, 10% нямат мнение.

Този тип предприятие показва ясни мотивационни механизми като обучителни програми, допълнителни стимулиращи бонуси и награди, възможности за кариерно развитие и др.

За да повиши ефективността си, всяко едно от трите типа предприятия се стреми да запази кадрите си и да привлече нови. Постигането на това е възможно само при оптималната им трудова мотивация.

Застоят и липсата на растеж в кариерата, еднообразната работа, както и липсата на перспективи, води до намаляване на мотивацията за работа и задържането на висококвалифицирани служители [1].

Получените резултати от проведеното изследване с трите групи респонденти позволяват да се направят изводи и препоръки.

От представените резултати се вижда, че производствения персонал в микропредприятието има най-ниска степен на удовлетвореност и мотивация. Препоръчва се на ръководството да проведе

целенасочени управленски действия за подобряване на работната среда и извършване на постите ангажменти в рамките на работния ден което би спомогнало за подобряване на баланса между работното време и личния живот на служителите. Да се насърчи менторството и обучението на персонала както и да се обмисли въвеждането на награди и бонуси за добре свършена работа. Поради ограничения състав на микропредприятията кариерно развитие на служителите е много трудно за постигне. За да се избегне застой е необходимо тази потребност да се запълни с поставяне на нови, креативни задачи или делегиране на правомощия и власт [1] в рамките на предприятието. Също така е необходимо да се преразгледа системата за възнаграждение, тъй като по-голямата част от служителите изразяват неудовлетвореност от настоящето заплащане [2].

Получените данни показват, че в малкото и средно предприятие, служителите заявяват сравнително умерена до добра удовлетвореност. Въпреки това се очертават и проблемни области, свързани с някои неясноти при оценяването и контрола на резултатите от труда, също така балансиране на професионалния и личния живот при част от персонала, както и стреса на работното място и др.

Това показва, че е необходимо да се приложат и други мотивационни практики като:

- Парично възнаграждение

Може да бъде като допълнение към договорената заплата под формата на годишен бонус или на тримесечие с различен процент.

- Социални привилегии

Материалната стимулация обхваща широка гама от възможности [3, 4], като ваучери за храна; ваучери за подарък и подаръчни карти, валидни за различни търговски вериги; карти за градския транспорт; карти за фитнес центрове;

допълнително здравно осигуряване към здравен фонд и др.

- Поставяне на кутия за мнения и предложения на служителите

- Насърчаване на тимбилдинг събития и неформални срещи

- Използване на инсентив туризма за сплотяване на екипите

- Създаване на система за признание и награждаване на постижения и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от направеното изследване и препоръките, ще бъдат предоставени на предприятията обект на изследването за ползване.

Както бе посочено в първа част на доклада и в началото на настоящия, изследването е ограничено до три предприятия от мебелната промишленост, микро-, малко и средно.

Проучването обхваща целевата група на производствените работници.

По-нататъшно изследване ще бъде направено с ръководния състав на трите предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Долапчиева Е., ВТУ, Фирмена политика в областта на мотивацията на заетите във винарската промишленост, Списание „Диалог“, 4.2006.

[2]. Пенева Г. Емпирично изследване на удовлетвореността и мотивацията на служителите в малко производствено предприятие, Сборник доклади от годишна научна конференция НБУ „В. Левски“, В. Търново, ISSN 1314-1937, 05-06 юни 2025 г.

[3]. Николова Н., Изследване и анализ на трудовата мотивация на българските медицински сестри, Управление и Образование ISSN 13126121, стр 88, УНИВЕРСИТЕТ UNIVERSITY “Проф. д-р Асен Златаров”, Бургас “Prof. Dr Assen Zlatarov”, Burgas Том 20 (2) 2024.

[4]. Николова Н., Стратегически аспекти за привличане, задържане и развитие на сестринския персонал в съвременното здравеопазване, Управление и Образование

ISSN 13126121, стр 93, УНИВЕРСИТЕТ UNIVERSITY “Проф. д-р Асен Златаров”, Бургас “Prof. Dr Assen Zlatarov”, Burgas Том 20 (2) 2024.

НАПРАВЛЕНИЕ 4

СТУДЕНТСКА

**ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА 3,3 KW ВИСОКОЧЕСТОТЕН
ЗАХРАНВАЩ БЛОК С ВИСОКА ПЛЪТНОСТ И ТРИСТЕПЕНЕН PFC****Преслав Енев***Технически колеж-Ловеч***DESIGN AND RESEARCH OF A 3.3 KW HIGH-DENSITY HIGH-
FREQUENCY POWER SUPPLY UNIT WITH THREE-STAGE PFC****Preslav Enev***Technical College-Lovech***Antoaneta Hinova***Technical College-Lovech***Abstract**

This report presents the design and experimental investigation of a 3.3 kW power supply unit (PSU) for server applications based on an innovative three-stage flying capacitor (3LFC) topology. The goal is to achieve high power density (97 W/in³) and efficiency above 97% by using wide-gap semiconductors (SiC and GaN). The system architecture, including an auxiliary "baby-boost" converter, as well as the results of efficiency and thermal stability tests are presented.

Keywords: Power supply unit, PFC, flying capacitor, SiC, GaN, energy efficiency, servers

ВЪВЕДЕНИЕ

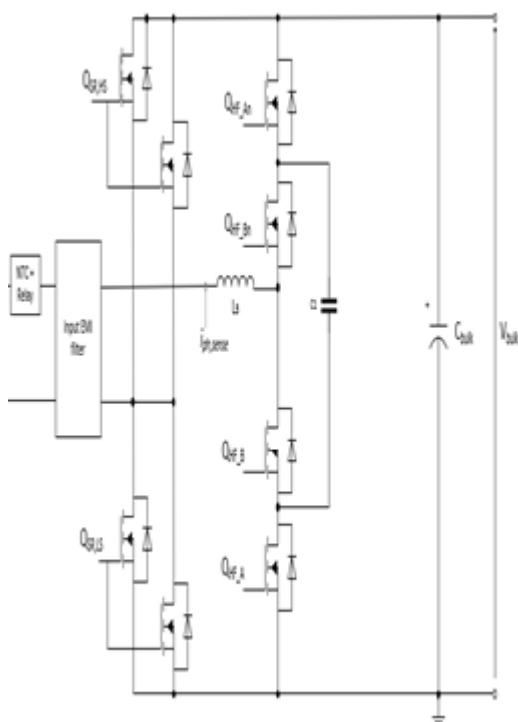
Нарастващото потребление на енергия в съвременните центрове за данни налага все по-строги изисквания към захранващите устройства. Стандартите на Open Compute Project (ОСР) изискват не само висока ефективност, но и минимизиране на физическите размери, за да се освободи място за изчислителни мощности. Основният проблем при конвенционалните топологии е балансът между размер и ефективност – намаляването на компонентите често води до по-високи топлинни загуби.[1]

Целта на настоящото изследване е да се анализира решение, което преодолява тези ограничения чрез използване на тристепенна корекция на фактора на мощността (PFC) и нови полупроводникови материали. Обект на изследване е референтната платформа REF_3K3W_3LFC_PSU на Infineon, която предлага решение за 1U сървърен формат.

ИЗЛОЖЕНИЕ

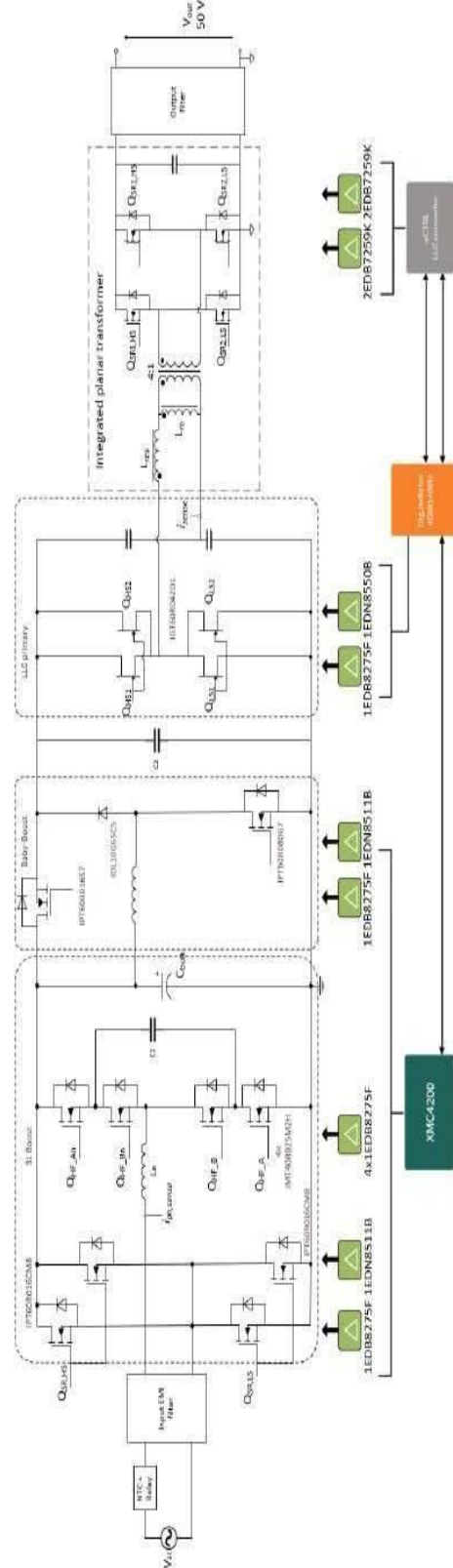
За постигане на поставените цели е разработена сложна схемна архитектура, разделена на няколко ключови етапа. Изследваното устройство се състои от три основни преобразователни стъпала, които работят в синхрон за осигуряване на стабилно изходно напрежение от 48V-50V при входен диапазон 180-265 VAC.

Първото стъпало (фиг.1) е AC-DC преобразовател с корекция на фактора на мощността (PFC). Тук е приложена иновативната топология "Totem-pole с летящ кондензатор" (3LFC). За разлика от стандартните двунивови схеми, при които транзисторите трябва да издържат пълното напрежение на веригата, тристепенната структура използва междинен "летящ" кондензатор. Той се зарежда до половината от изходното напрежение, което позволява използването на 650 V CoolSiC™ MOSFET транзистори вместо по-бавните и по-тежки 1200 V елементи. Това води до драстично намаляване на загубите при превключване.



Фиг. 1. Б Опростена схема на AC-DC преобразувателя в REF_3K3W_3LFC_PSU в схемата на архитектурата на 3.3 kW PSU с 3LFC и Baby-boost модул

Второто стъпало е така нареченият "Baby-boost" преобразувател. Това е спомагателна верига, разположена между PFC блока и DC-DC преобразувателя. Неговата функция е да се активира само при отпадане на мрежовото напрежение. Чрез отделяне на напрежението на междинния кръг, той позволява пълно разреждане на кондензаторите, което осигурява необходимото време за задържане (hold-up time) от над 10 ms, без да е необходимо използването на огромни електролитни кондензатори. Това е ключов момент за постигане на компактните размери на устройството. Третото стъпало е изолиран DC-DC преобразувател тип LLC. Той използва резонансна топология с планарни трансформатори, при които намотките са вградени директно в печатната платка. Първичната страна се управлява от GaN (галиев нитридни) транзистори, работещи при висока честота, което намалява размерите на магнитните елементи (фиг.2).



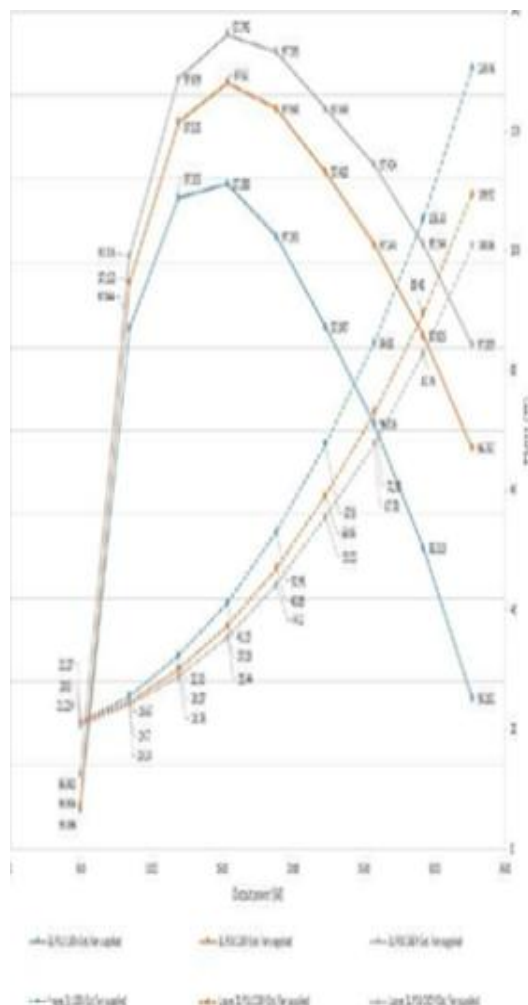
Фиг. 2. Схема на архитектурата на 3.3 kW PSU с 3LFC и Baby-boost модул

Изследването е проведено чрез създаване на пълнофункционален прототип и подлагането му на серия от тестове в лабораторни условия.

За измерване на електрическите параметри е използван прецизен анализатор на мощността, свързан към входа и изхода на устройството. Този уред позволява точно отчитане на ефективността, фактора на мощността (PF) и общото хармонично изкривяване (THD).

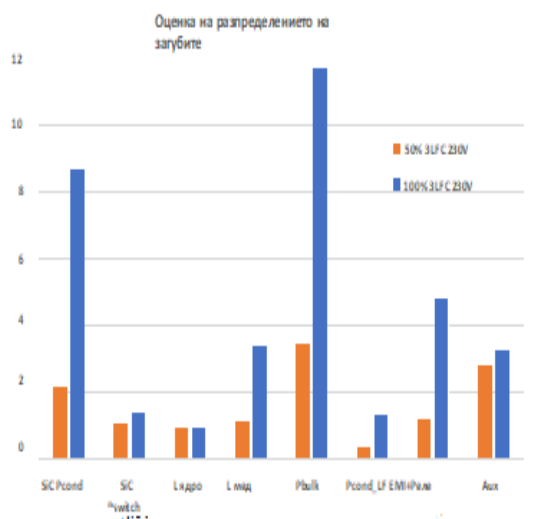
Термичните характеристики са анализирани чрез термодвойки, разположени върху критичните компоненти (транзистори, дросели, трансформатор), както и чрез инфрачервена термокамера. Тестовите са проведени при стайна температура (25°C) и при пълно натоварване от 3300 W, за да се верифицира охлаждащата система. Динамичното поведение на системата при промяна на товара и отпадане на мрежата е заснето с многоканален осцилоскоп Tektronix, за да се потвърди стабилността на алгоритмите за управление. Проведените експерименти показват, че избраната топология покрива и надвишава заложените критерии. Относно енергийната ефективност, резултатите показват, че измерената пикова ефективност на цялата система достига 97,5% при 50% натоварване. При пълно натоварване ефективността се задържа над 97%, което отговаря на стандарта 80 PLUS Titanium. Това е значително подобрение спрямо предходни модели, базирани на силициеви технологии.

За качеството на енергията изводът е, че, факторът на мощността (PF) е над 0,99 за товари по-големи от 30%, а входните токови хармоници (THD) са под 3% при номинален режим. Това гарантира минимално замърсяване на електрическата мрежа.



Фиг. 3. Графика на ефективността нахранващия блок при различни входни напрежения

Термичен режим: При продължителна работа на пълна мощност, най-горещата точка в системата (дроселът на PFC блока) достига 78°C, което е далеч под критичната граница от 100-120°C за използваните материали. Разпределението на топлината е равномерно, благодарение на оптимизираното разположение на компонентите върху дънната платка и използването на корпуси с горно охлаждане.



Фиг.4. Очаквано разпределение на загубите при 230 V променливо напрежение и 50% и 100% натоварване на 3.3kW PSU с 3LFC Baby-boost модул

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът на резултатите потвърждава, че използването на тристепенна PFC топология с летящ кондензатор е високоефективен метод за проектиране на съвременни сървърни захранвания. Внедряването на SiC-ни и GaN-ни полупроводници позволява драстично намаляване на загубите и размерите на пасивните елементи.

Ключов принос на разработката е "baby-boost" концепцията, която успешно решава проблема със задържането на напрежението без компромис с обема на устройството. Постигнатата плътност на мощността от 98 W/in³ прави това решение приложимо за следващо поколение Open Compute Project сървъри.

Докладът е във връзка с проект № НИП 2026-3 на тема към Университет-ски център за научно развитие и техно-логии в Технически университет – Габ-рово

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Юдов Д., В. Вълчев, Преобразователна техника за БЕИ, ТУ-Варна, ISBN 9542003102, 2019.
- [2] Menditti Matrisciano C., Laneve A., Varajao D. A versatile isolated Gate Driver Platform for 650 V GaN HEMTs Half-Bridge. PCIM Europe 2023.
- [3] Kutschak M.A. Non-linear Capacitance of Si SJ MOSFETs in Resonant Zero Voltage Switching Applications. IEEE Access, Vol. 8, 2020.
- [4] Escudero M, 3.3 kW high frequency, high density PSU with three-level flying capacitor PFC for server and data center applications IEEE Access, Vol. 5, 2022.

**ТЕХНОЛОГИЧНА ЕВОЛЮЦИЯ, ИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ И
ПЕРСПЕКТИВИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕТО НА N-TYPE TOPCON
ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ****Преслав Енев***Технически колеж-Ловеч***TECHNOLOGICAL EVOLUTION, ECONOMIC ANALYSIS AND
PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF N-TYPE TOPCON
PHOTOVOLTAIC SYSTEMS****Preslav Enev****Technical College-Lovech****Abstract**

This report presents a review of the transition from P-type to N-type technologies in the photovoltaic industry, with a focus on the TOPCon (Tunnel Oxide Passivated Contact) architecture. The study critically examines the technical parameters and economic efficiency of modern modules, using the Tiger Neo 3.0 series as a representative example. Through a comparative analysis of published field test data and LCOE (levelized cost of energy) simulation models, the report evaluates the advantages of TOPCon over PERC and Back Contact (BC) technologies. The results of the review show that thanks to the optimized passivation layer and the high birefringence coefficient, the considered technology offers the most sustainable economic model for the period up to 2026.his.

Keywords: TOPCon, photovoltaic efficiency, LCOE, N-type technology, comparative analysis, energy economy

ВЪВЕДЕНИЕ

Развитието на фотоволтаичните технологии през последното десетилетие следва ясна тенденция на оптимизация на разходите за единица произведена енергия. Докато технологията PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) доминираше пазара в периода 2015–2023 г. съвременните изследвания показват, че тя е достигнала своя теоретичен лимит на ефективност от около 24,5%. Това физично ограничение налага индустриален преход към клетки от N-тип, които предлагат по-ниска степен на деградация и по-висок потенциал за ефективност. Настоящото изследване се фокусира върху технологията TOPCon, която към 2024–2025 г. заема над 70% от пазарния дял на новоинсталираните мощности.

Целта на доклада е да анализира обективните технически и икономически предпоставки, които утвърждават тази архитектура като водещ стандарт, бази-

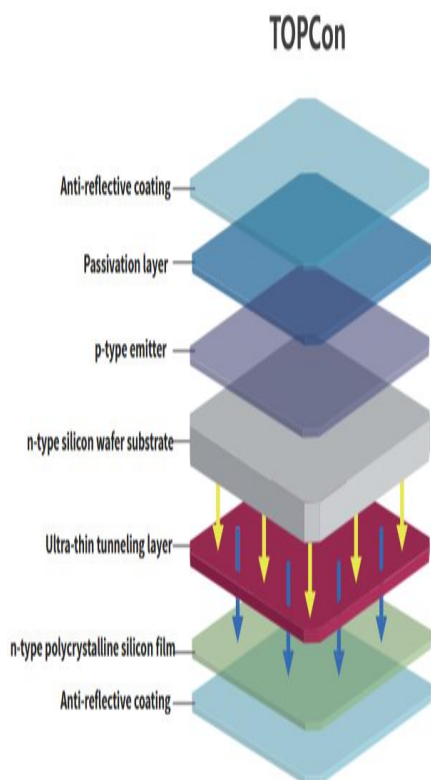
райки се на данни от независими полеви изпитания и техническа документация на водещи производители.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Ключовият елемент в тази технология е въвеждането на ултратънък слой от силициев диоксид (SiO_2) с дебелина 1–2 nm между силициевата подложка и металния контакт. Според теоретичните модели и емпиричните данни, този слой позволява протичането на квантов тунелен ефект. Той действа като селективна мембрана, която пропуска мажоритарните носители на заряд (електрони), но блокира миноритарните (дупки), като по този начин драстично намалява фактора на мощността (PF) и общото хармонично изкривяване (THD).

Прегледът на последните инженерни решения показва преход към използване на двадесет тънки шини (busbars). Това решение намалява оптичното засенчване

на активната площ на клетката и скъсява пътя на електрическия ток, което води до намаляване на вътрешното съпротивление (R_s). Изчисленията сочат, че тази модификация допринася за повишаване на изходната мощност с 0,3% до 0,5% спрямо предходните поколения.



Фиг.1. Сравнителна структура на фотоволтаични клетки от N-tip TOPCon

Относно ефективността, за целите на изследването е извършена съпоставка между трите основни технологии на пазара: PERC, BC (Back Contact) и TOPCon. Данните са обобщени на базата на стандартизирани тестови условия (STC).

Анализът на температурните коефициенти показва съществено предимство на N-тип технологиите. Докато стандартните PERC модули губят около 0,35% от мощността си при повишаване на температурата с 1°C , разглежданите TOPCon модули демонстрират коефициент от $-0,29\%/^{\circ}\text{C}$. При полеви условия в региони с висок соларен ресурс (напр. Близкия Изток), това води до реално

увеличение на енергийния добив с 2–3% през летните месеци (фиг.2).

При ниска осветеност, независими доклади от изпитателни полигони сочат, че TOPCon технологията генерира по-високо напрежение при условия на ниска радиация (под 400 W/m^2). В сравнение с BC технологията, която страда от пониско паралелно съпротивление, TOPCon показва между 2,26% и 2,49% по-висок добив в часовете на изгрев и залез (фиг.3).

За сравнение кристалните силициеви фотоволтаици са по-скъпи от тънкослойните, които имат няколко полупроводникови слоя, покрити отгоре с прозрачен материал, най-често нискорефлекторно усилено стъкло. За слънчевите условия в нашата страна най-често се предпочитат неподвижно монтирани фотоволтаични панели с рефлектори. Изкупната цена на тока, произвеждан от фотоволтаици, в други страни, например в Германия, е по-висока, отколкото у нас. Но в Германия слънчевата радиация, която попада на един квадратен метър площ средно, се равнява на 1000 kWh електроенергия годишно, а у нас тази стойност е 1500 kWh електроенергия годишно. Слънчевата радиация у нас е с 50 % повече средногодишно. Това е в зависимост от географската ширина, която расте в посока към Екватора.

Таблица 1. Сравнителни характеристики на фотоволтаични технологии (по осреднени индустриални данни)

Технологичен параметър	P-type (PERC)	N-type (BC)	TOPCon (Tiger Neo 3.0)
Ефективност на клетката	23,4%-24,5%	26,1%-26,3%	26,4%-26,8%
Коефициент на двустранност	$\approx 73\%$	67%-73%	$> 81\%$
Температурен коефициент	$-34\%/^{\circ}\text{C}$	$-30\%/^{\circ}\text{C}$	$-30\%/^{\circ}\text{C}$
Деградация през първата година	2,1%	1,1%	1,1%

Линейна годишна деградация	0,45%	0,45%	0,45%
Спестявания от материали (спрямо BC)	N/A	База	-0,10 USD/W (-0,012 EUR/W)
Ценово предимство на модула (спрямо BC)	N/A	База	По-евтин с 1,1 - 1,4 USD/W (1,03-1,31 EUR/W)

Средногодишното електропроизводство позволява вложените финансови средства в слънчевите електроцентрали с неподвижно монтирани панели да се възвърнат в петкратен размер за времето на техническия им експлоатационен срок, който е не по-малък от 35 години.

Таблица 2. Относителна ефективност при различна интензивност на слънчевата радиация

Type	Irradiation (W/m²)	Pmpp	Uoc	Isc	FF	Low irradiance Performance
TOPCon	1000	610.2	53.35	13.86	82.53%	96.77%
	200	118.1	50.70	3.00	77.72%	
BC-Company A	1000	650.0	53.62	14.84	81.67%	94.28%
	200	122.6	51.02	3.14	76.49%	
BC-Company B	1000	627.1	53.33	14.63	80.66%	94.51%
	200	118.5	50.49	3.12	75.55%	

А основният критерий за приложимостта на една енергийна технология е нейната икономическа ефективност, измервана чрез нивелираната цена на енергията (LCOE) Анализът на производствените и инвестиционните разходи показва, че данните за капиталовите разходи (CAPEX) разкриват, че внедряването на производствени линии за BC технология изисква значително по-високи ин-

вестиции – в диапазона 35–42 млн. USD/GW. В контраст, TOPCon линиите са съвместими със съществуващата PERC инфраструктура, което оптимизира разходите. Допълнително, производствените разходи за TOPCon са с около 0,011–0,013 EUR/W по-ниски поради по-високия добив на годна продукция (>99,7%).

Симулационните модели показват, че поради по-високата двустранност (Bifaciality>80%), TOPCon модулите генерират повече енергия от единица площ в сравнение с едностранните BC модули. Това позволява на инвеститорите да абсорбират по-висока първоначална цена на модула, която се компенсира от по-ниските разходи за баланс на системата (BOS). Изчисленията показват, че икономически оправданата ценова премия за TOPCon достига до 1,9 цента/W ($\approx 0,018$ EUR/W) при запазване на конкурентна LCOE.

Таблица 3. Анализ на чувствителността на LCOE спрямо технологичния избор

Scenario	High Altitude		High Temp&Humidity		High Temp&Irradiation		Temperate Zone	
Project location	Qinghai,CN		Hainan,CN		Saudi Arabia		Italy	
Mounting system	Fixed 2P		Fixed 2P		Tracker 1P		Tracker 1P	
Project Info	Same Capacity 100MWp							
Module Type	TigerNeo3.0	BC	TigerNeo3.0	BC	TigerNeo3.0	BC	TigerNeo3.0	BC
LCOE*	Lower 0.5%	BSL	Lower 0.76%	BSL	Lower 1.9%	BSL	Lower 1.5%	BSL
TOPCon premium price for same LCOE*	0.22 UScents/w (0.21 EUR c/w) more expensive	BSL	0.305 UScents/w (0.29 EUR c/w) more expensive	BSL	1.02 UScents/w (0.96 EUR c/w) more expensive	BSL	0.78 UScents/w (0.73 EUR c/w) more expensive	BSL
LCOE*	/		Lower 4.73%	BSL	/		Lower 2.62%	BSL
TOPCon premium price for same LCOE*	/		1.9 UScents/w (1.79 EUR c/w) more expensive	BSL	/		1.34 UScents/w (1.26 EUR c/w) more expensive	BSL

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзорът на тестовите за надеждност (като RQR и IEC) подчертава значението на механичната устойчивост. Асиметричната структура на ВС клетките (контакти само отзад) създава предпоставки за микропукнатини при динамично натоварване. В противовес, симетричната структура на TOPCon осигурява по-добро разпределение на механичното напрежение.

Допълнително, тестовите за устойчивост на ултравиолетова радиация (UV60) показват деградация от едва 1,23% за TOPCon образците, спрямо 2,20% за алтернативните N-тип технологии, което гарантира по-дълъг експлоатационен живот.

За 2026 г. изследванията сочат, че кристалният силиций ще достигне своя практически предел. Индустриалният фокус се измества към т.нар. „тандемни клетки“ (Tandem Cells), комбиниращи силициева основа с перовскитен слой. Анализираният TOPCon архитектура се разглежда като най-подходящата плат-

форма за долния слой на тези бъдещи хибридни структури, което осигурява приемственост на технологията и защита на инвестициите в дългосрочен план.

Докладът е във връзка с проект № НИП 2026-3 на тема към Университетски център за научно развитие и технологии в Технически университет – Габрово

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дурин Ст., Счетоводно отчитане на дейността на предприятие с фотоволтаична система, РС издателство и бизнесконсултации, ISBN289-139-080, 2024.
- [2] Младенчева Р., Фотоволтаични електрогенератори, изд. Бизнес Технологии ISBN 99548517321, 2023.
- [3] Пашалов Н., Въведение във фотоволтаиката, ISBN 99548527322 2023 .
- [4] JinkoSolar Co., Ltd., Tiger Neo 3.0 Commercial White Paper, 2024.
- [5] Green, M.A. et al., Solar cell efficiency tables (Version 63), 2024.

КРИТЕРИИ ЗА ИЗБОР НА ТВЪРДИ ДИСКОВЕ

Кирил Павлов

Технически колеж-Ловеч

HARD DRIVE SELECTION CRITERIA

Kiril Pavlov

Technical College-Lovech

Abstract

This study aims not only to present the existing technological differences, but also to clarify the trends in the development of data storage devices. In this sense, the analysis can serve as a basis for making informed decisions when selecting and implementing appropriate solutions in various practical applications.

The results obtained allow for a reasoned assessment of the advantages and limitations of each of the technologies, taking into account their applicability in various areas - from personal computers to server systems and data centers. In conclusion, conclusions are formulated regarding the optimal choice of technology depending on the specific requirements for performance, capacity and cost-effectiveness.

Keywords: HDD технологии, SSD технологии, енергийна ефективност, технически характеристики

ВЪВЕДЕНИЕ

Един от най-важните показатели, който определя производителността на устройствата за съхранение, е времето за достъп до данните. При HDD устройствата този параметър е силно зависим от механичните процеси, свързани с позиционирането на четящо-записващата глава и въртенето на магнитните плочи. В реални условия латентността на HDD устройства обикновено варира между 5 и 15 милисекунди, като при повисокоскоростни модели тя може да достигне около 2 до 4 милисекунди. За разлика от тях SSD устройствата функционират на базата на електронен достъп до данните, което елиминира необходимостта от механично позициониране. В резултат на това латентността при SSD е от порядъка на десетки до стотици микросекунди, като при NVMe решения тя може да бъде около 40 до 100 микросекунди. Това означава, че SSD устройствата могат да бъдат десетки до стотици пъти по-бързи при достъп до информа-

ция, което има съществено значение при операции с произволен достъп.

Скоростта на трансфер на данни представлява друг фундаментален параметър, който определя ефективността на устройствата. При традиционните HDD устройства максималната скорост на последователен трансфер обикновено се движи в диапазона от 100 до 200 MB/s. Ограничението тук произтича от физическите характеристики на въртящите се плочи и скоростта на тяхното движение. При SSD устройствата този показател е значително по-висок, като при SATA SSD решения се наблюдават скорости около 500 MB/s, докато при NVMe устройства те могат да достигнат 7000 MB/s и дори над 10 000 MB/s при най-новите поколения. В практическо измерение това означава, че операции като копиране на големи файлове, зареждане на софтуер или обработка на данни се извършват в пъти по-бързо при SSD устройства-таШЩ-0=978.

Друг съществен показател е броят входно-изходни операции в секунда,

известен като IOPS. Този параметър е особено важен при работа с множество малки файлове и при системи с интензивен достъп до данни. HDD устройствата са ограничени от механичната си структура и обикновено достигат около 100 до 400 IOPS при стандартни условия . За сравнение, SATA SSD устройствата могат да достигнат десетки хиляди IOPS, докато NVMe SSD решенията постигат стойности от порядъка на стотици хиляди до милиони операции в секунда . Това означава, че SSD устройствата са изключително по-ефективни при многозадачност и обработка на паралелни заявки.

Капацитетът представлява параметър, при който HDD технологиите традиционно имат предимство. Съвременните твърди дискове могат да достигнат капацитети от 20 TB и повече в единично устройство, което ги прави подходящи за архивни и сървърни приложения . SSD устройствата също отбелязват значителен напредък в тази насока, като вече се разработват решения с капацитет над 100 TB, но тяхната цена остава значително по-висока . Следователно при сценарии, изискващи съхранение на големи обеми данни при минимални разходи, HDD устройствата запазват своето значение.

Енергийната ефективност е друг параметър, който придобива все по-голямо значение в съвременните системи. HDD устройствата изискват енергия за въртене на плочите и движение на механичните компоненти, което води до по-висока консумация и по-голямо топлоотделяне. SSD устройствата, от своя страна, работят изцяло електронно и консумират значително по-малко енергия, което ги прави по-подходящи за мобилни устройства и енергийно ефективни системи.

Това предимство се проявява особено ясно в центрове за данни, където разходите за охлаждане и електричество са съществен фактор.

Надеждността и устойчивостта също представляват ключови аспекти на сравнението. HDD устройствата са по-чувствителни към механични въздействия поради наличието на подвижни части, което увеличава риска от физически повреди. SSD устройствата, поради липсата на механика, са значително по-устойчиви на удари и вибрации. В същото време обаче SSD технологиите имат ограничен брой цикли на запис, което представлява специфично ограничение, което не се наблюдава при HDD устройствата.

Шумът и топлоотделянето също се явяват съществени показатели. HDD устройствата генерират механичен шум по време на работа, докато SSD устройствата функционират напълно безшумно. Това ги прави предпочитани в среди, където се изисква ниско ниво на шум. По отношение на топлоотделянето SSD устройствата също имат предимство, въпреки че при високо натоварване могат да достигнат значителни температури, особено при NVMe решения.

В практическо отношение разликите между двете технологии могат да бъдат илюстрирани чрез реални сценарии. Например, при стартиране на операционна система времето при SSD устройство може да бъде около 8 секунди, докато при HDD то достига около 30 секунди . При прехвърляне на големи обеми данни разликата е още по-значителна, като SSD може да извърши операция за минути, докато HDD изисква часове при същите условия . Тези различия ясно демонстрират практическото отражение на техническите характеристики върху реалната производителност.

Таблица 1. Сравнение на техническите характеристики на SSD и HDD устройствата

Показател	HDD (реални стойности)	SSD (реални стойности)
Време за достъп	5-15 ms	0.02-0.1 ms
Скорост на четене/запис	100-200 MB/s	500 MB/s (SATA) до 7000 MB/s (NVMe)
IOPS (операции/сек)	100-400	50000-1000000+
Капацитет	1-20 TB масово	0.5-8 TB масово
Консумация на енергия	5-10 W	2-5 W
Шум	Има механичен шум	Безшумен
Устойчивост на удари	Ниска	Висока
Живот (запис)	Няма лимит на цикли	Ограничен (TBW)
Цена за GB	Ниска	По-висока

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практическата част на изследването, базирана на реални тестове за производителност, ясно демонстрира многократното превъзходство на SSD устройствата спрямо HDD по всички основни показатели. Измерените стойности показват съществени разлики както при последователния, така и при произволния достъп до данни, като именно последният има най-голямо значение за реалната работа на компютърните системи. Получените резултати потвърждават, че основното предимство на SSD технологията се проявява в способността за обработка на голям брой малки операции с минимално закъснение.

В същото време беше установено, че HDD устройствата запазват своята актуалност в приложения, при които водещи са капацитетът и икономическата ефективност. Това показва, че двете технологии не се намират в пряка конкуренция, а по-скоро се допълват, като всяка от тях заема специфична ниша в зависимост от изискванията на конкретната система.

Изборът между HDD и SSD технологии следва да бъде основан на комплексен анализ на изискванията за производителност, капацитет, надеждност и разходи. SSD устройствата се утвърждават като стандарт за съвременните високопроизводителни системи, докато HDD устройствата остават ефективно решение за дългосрочно и масово съхранение на данни. Бъдещото развитие на технологиите за съхранение ще продължи да се характеризира с паралелно усъвършенстване на двата подхода, като тяхното съвместно използване ще бъде ключов фактор за изграждане на балансирани и ефективни информационни системи.

Докладът е във връзка с проект № НИП 2026-3 на тема към Университетски център за научно развитие и технологии в Технически университет – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Иванов, П. Компютърни архитектури и периферни устройства. София: Техника, 2018
- [2] Георгиев, Н. Информационни технологии и системи за съхранение на данни. София: Нов български университет, 2020
- [3] Стоянов, Д. Компютърни системи и технологии. Пловдив: Университетско издателство, 2019
- [4] Петров, И. Архитектура на компютърните системи. София: Сиела, 2017
- [5] Колев, В. Хардуер на компютърните системи. Варна: Технически университет, 2021.

КОМПЮТЪРНО ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗРАБОТКА НА БАНЕР

Илиян Атанасов Ивов

Технически колеж- Ловеч

COMPUTER AIDED DESIGN AND CRAFTING OF A BANNER

Iliyan Atanasov Ivov

Technical College- Lovech

Abstract

At its core, computer-aided design (CAD) refers to the use of software to create, modify, analyze, or optimize designs. In the context of banner advertising, CAD software provides designers with the tools to create, develop, and refine ads designed to attract attention and drive engagement across various digital platforms.

A digital banner designer's arsenal is largely comprised of specialized software. Adobe Photoshop remains the primary tool for raster processing and image manipulation, which is essential for incorporating photographic elements and applying complex visual effects. Adobe Illustrator, on the other hand, excels at vector graphics that can be scaled without loss of quality, making it ideal for creating logos, icons, and crisp, precise text elements that remain legible across a variety of screen resolutions.

Keywords: CAD, banner, Adobe Illustrator, design.

ВЪВЕДЕНИЕ

Рекламата е повсеместна сила в съвременния свят – сложна тъкан, вплетена в ежедневието ни. Тя далеч не се изчерпва само с продажбата на продукти, а представлява комплексно взаимодействие между комуникация, психология, икономика и социология. В своята същност рекламата е платена форма на неличностно представяне и популяризиране на идеи, стоки или услуги от ясно идентифициран източник. Нейната същност се крие в убедителното ѝ въздействие – тя цели да информира, напомня или влияе върху целевите аудитории. [1]

Разбирането на значението ѝ изисква разглеждане на многобройните ѝ роли – от стимулиране на икономическия растеж и формиране на потребителското поведение до отразяване и дори въздействие върху културните ценности. Съвременната рекламна среда е динамична и непрекъснато променяща се, движена от технологичния напредък и все по-дълбокото разбиране на човешката мотивация, което прави нейното изучаване ключово за разбирането на съвременното

то общество.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Графичният дизайн играе ключова роля в съвременната реклама, като служи като основно средство за визуална комуникация между бранда и потребителите. Той не само придава естетическа стойност на рекламните материали, но и подпомага ефективното предаване на послания, като ги прави по-разбираеми, запомнящи се и въздействащи.

На първо място, графичният дизайн привлича вниманието. В условията на информационно пренасищане, потребителите ежедневно са изложени на огромно количество рекламни послания. Добре изградената визия – чрез цветове, композиция, изображения и типография – има способността да открий дадена реклама и да я направи забележима сред останалите.

На второ място, той улеснява комуникацията. Чрез визуални елементи сложна информация може да бъде представена бързо и ясно. Използването на подходящи графики, икони и структури помага

на аудиторията да възприеме основното послание дори за кратко време, което е особено важно при формати като банери или външна реклама.

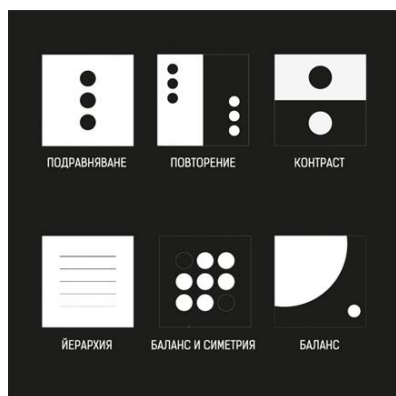
Освен това графичният дизайн има съществено значение за изграждането на бранд идентичност. Чрез последователна употреба на цветове, шрифтове и визуален стил се създава разпознаваем образ на марката. Това води до по-лесно запомняне и изграждане на доверие у потребителите.

Графичният дизайн също така влияе върху емоционалното въздействие на рекламата. Подбраните визуални елементи могат да предизвикат конкретни емоции – доверие, вълнение, желание или носталгия – които от своя страна влияят върху поведението на потребителите и тяхното решение за покупка.

Не на последно място, той подпомага ефективността на рекламните кампании. Добре проектираните рекламни материали увеличават ангажираността, подобряват възприемането на информацията и повишават вероятността за постигане на поставените маркетингови цели.[1]

Основни принципи на дизайна (контраст, баланс, композиция, йерархия)

Основните принципи на графичния дизайн са фундаментът, върху който се изграждат ефективни и въздействащи рекламни материали. Те осигуряват не само естетическа стойност, но и яснота, структура и насоченост на визуалното послание.



Фиг.1. Принципи на дизайна

Цветовете са един от най-силните инструменти в графичния дизайн и рекламата, тъй като оказват пряко влияние върху възприятията, емоциите и поведението на потребителите. Те не само привличат вниманието, но и създават асоциации, които могат да подсилят или отслабят въздействието на дадено рекламното послание.

Цветовете също така подпомагат визуалната йерархия и насочват вниманието на потребителя. Чрез контраст и акценти дизайнерът може да подчертае ключови елементи като заглавия, бутони или призови за действие (call-to-action). По този начин се улеснява възприемането на информацията и се увеличава вероятността за реакция от страна на аудиторията.



Фиг.2 Цветова палитра

Съвременният графичен дизайн е немислим без използването на специализиран софтуер, който предоставя широк набор от инструменти за създаване, обработка и оптимизиране на визуално съдържание. Развитието на технологиите води до появата на разнообразни графични програми, които се различават по функционалност, предназначение и ниво на сложност, като по този начин отговарят на нуждите както на начинаещи, така и на професионални дизайнери.[2]

Разработване на концепция и избор на дизайн (цветове, шрифтове, композиция)

При разработването на концепцията за рекламния банер бе поставен акцент върху създаването на модерна, ясна и визуално въздействаща визия, която да представя Технически колеж – Ловеч като съвременна образователна институция с утвърдени традиции.

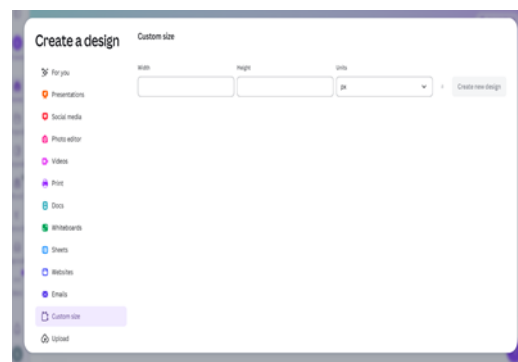
Проектирането беше реализирано чрез платформата Canva, като първоначално бе избран вертикален формат на дизайна, съобразен с използването му за рекламни пана и дигитални канали. Концепцията следва структура отгоре надолу, като информацията е подредена йерархично – от основното послание към допълнителната информация.

В горната част на банера е позиционирано логото на колежа, което служи като основен визуален идентификатор. Под него е разположено наименованието „Технически колеж – Ловеч“, изписано с едър и четим шрифт, с цел бързо разпознаване. Като допълнение е включен слоганът „Традации. Знания. Бъдеще.“, който подсилва имиджа на институцията

Реализацията на рекламния банер за Технически колеж – Ловеч беше осъществена чрез уеб базираната [3]

платформа Canva, която предоставя удобна и достъпна среда за създаване на графични материали.

В началния етап от работата бе създаден нов проект с персонализирани размери, съобразени с предназначението на банера. Избран бе вертикален формат, подходящ за рекламни пана и дигитално представяне. Размерите на работното поле бяха определени така, че да позволят пълно визуализиране на всички елементи без загуба на информация. [4]



Фиг.3 *Първи етап*

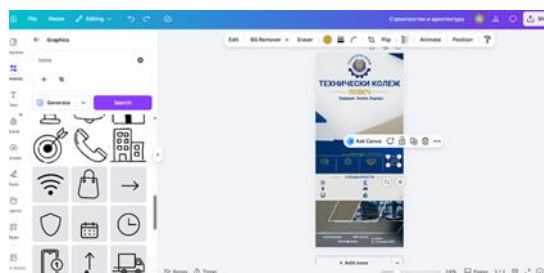
След създаването на работния файл беше извършено добавяне на основните графични ресурси. На първо място беше импортирано логото на Технически колеж – Ловеч, което бе позиционирано в горната част на банера. Впоследствие бяха добавени изображения, представлящи сградата на учебното заведение и студентската среда, с цел създаване на реалистично и въздействащо визуално съдържание.



Фиг.3 *Втори етап*

В следващия етап бе извършено въвеждане и форматиране на текстовата информация. Използвани бяха подходя-

щи шрифтове, които осигуряват добра четимост и ясно разграничаване на основните и второстепенните елементи. Заглавието на банера бе оформено с по-голям размер на шрифта, за да привлечи вниманието, докато допълнителната информация бе структурирана по начин, улесняващ възприемането ѝ.[5][6]



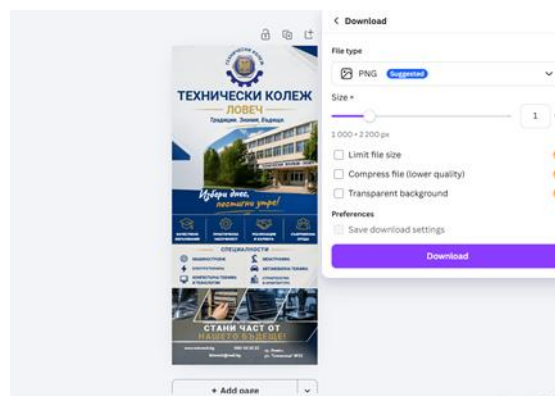
Фиг. 3. Трети етап

С помощта на инструментите на Canva беше постигнато прецизно подреждане на всички елементи в композицията. Използвани бяха наслагвания, подравняване и разстояния между обектите, за да се създаде балансирана и хармонична визия. Графичните елементи, като икони и декоративни форми, бяха интегрирани в дизайна с цел подчертаване на ключовите предимства на колежа.[7]



Фиг. 4. Четвърти етап

В заключителния етап рекламният банер беше експортиран във формат PNG за дигитална употреба и PDF Print за печатни цели. По този начин бе осигурена възможност за използване на проекта в различни комуникационни канали.



Фиг.5 Пети етап

Резултатът от реализацията представлява завършен рекламен продукт, който отговаря на поставените изисквания и успешно представя Технически колеж – Ловеч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата разработка беше разгледан процесът по компютърно проектиране и създаване на рекламен банер за Технически колеж – Ловеч чрез използването на приложната програма Canva. В хода на работата бяха анализирани основните принципи на графичния дизайн, както и възможностите на съвременните софтуерни инструменти за създаване на визуални материали

Беше разработен идеен проект, включващ избор на подходяща цветова схема, типография и композиция, съобразени с идентичността на учебното заведение. В процеса на реализация чрез Canva бяха приложени практически умения за работа с графични елементи, текст и изображения, което доведе до създаването на завършен рекламен продукт.

Извършеният анализ на получения резултат показва, че поставените цели са постигнати. Създаденият банер успешно представя Технически колеж – Ловеч и

изпълнява своята основна функция – да привлича вниманието на целевата аудитория и да предоставя ясна и достъпна информация.



Докладът е във връзка с проект № НИП 2026-3 на тема към Университетски център за научно развитие и технологии в Технически университет – Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). Marketing Management (15th ed.). Pearson Education.

[2] Belch, G. E., & Belch, M. A. (2021). Advertising and Promotion: An Integrated Marketing Communications Perspective (12th ed.). McGraw-Hill Education.

[3] Moriarty, S., Mitchell, N., & Wells, W. (2018). Advertising & IMC: Principles and Practice (11th ed.). Pearson.

[4] Ogilvy, D. (1985). Ogilvy on Advertising. Crown Publishing Group

[5] Clow, K. E., & Baack, D. (2018). Integrated Advertising, Promotion, and Marketing Communications (8th ed.). Pearson.

[6] Mueller, A. (2023). Computer-Aided Design (CAD): Revolutionizing Engineering and Design Processes. Walsh Medical Media. Достъпно на:

<https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/computeraided-design-cad-revolutionizing-engineering-and-design-processes-121090.html>

[7] Cun-guang, R. (2013). Study on Advertisement Design Method Utilizing CAD Technology. Semantic Scholar. Достъпно на: <https://www.semanticscholar.org>



СБОРНИК ДОКЛАДИ 26 юни 2026