



ISSUE №19

Part №1



International periodic scientific journal

—*ONLINE*

www.moderntechno.de

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 95.33)



MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Issue №19
Part 1
February 2022

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

Editor: Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*

Scientific Secretary: Kuprienko Sergey, *PhD in technical sciences*

Editorial board: More than 250 doctors of science. Full list on page:

<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/about/editorialTeam>

Expert-Peer Review Board of the journal: Full list on page:

<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/expertteam>

The International Scientific Periodical Journal "**Modern Technology and Innovative Technologies**" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Each article in the journal includes general information in English.

The journal is registered in IndexCopernicus, GoogleScholar.

UDC 08

LBC 94

DOI: 10.30890/2567-5273.2022-19-01

Published by:

Sergeieva&Co

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@moderntechno.de

site: www.moderntechno.de

Copyright
© Authors, scientific texts 2022



УДК 678.5-9

RATIONALE FOR POPULARIZATION OF PROCESSING OF POLYMER WASTE FROM TIRES IN INDUSTRY**ОБГРУНТУВАННЯ ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ ІЗ ШИН У ПРОМІСЛОВОСТІ**

Paladiychuk Yu. B. / Паладійчук Ю. Б.

c.t.s., as.prof / к. н. т., доцент

ORCID: 0000-0003-4257-9383

Telyatnik I. A. / Телятник І. А.

master's degree / магістр

ORCID: 0000-0002-2998-1506

Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Academic str. 54, 21008

Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, вул. Академічна 54, 21008

Abstract. The rubber and plastics industry is increasingly becoming an important industry. Polymers are used in almost all areas of material production and non-productive sphere. Demand for finished products made of polymeric materials from the most important consumer industries is growing steadily: construction, transport, agriculture, medicine, etc.

Polymer and rubber products are becoming more and more sophisticated, but at the same time methods of waste management and disposal are being developed and complicated. Over time, they can no longer be used for their intended purpose, so they are discarded and sent to landfills, while polymers and rubber are valuable construction materials and their reuse will be positive not only for the environment but can also be a profitable branch of the agro-industrial complex. .

The generation of significant amounts of rubber and polymer waste leads to unorganized storage in landfills or uncontrolled dispersal in the natural environment, which increases the level of environmental hazards in the surrounding areas as a result of harmful substances from rubber and plastic into the environment.

This article investigates the methods of processing polymer and rubber waste by improving technologies for their processing into secondary raw materials. The relevance of polymer waste processing methods is determined. Types of recycling and stages of polymer waste processing are discussed. The life cycle of rubber is analyzed and the analysis of existing technologies of utilization and processing of rubber waste is carried out. Stages of rubber waste processing are substantiated. Pyrolysis technology for rubber waste processing is described. Taking into account the information obtained, conclusions were made and the characteristics of the studied composite, which includes sand, rubber and polymer, were determined.

Key words: rubber-technical products, polymer waste, utilization, pyrolysis, composite.

Formulation of the problem

In recent years, countries around the world have begun to pay considerable attention to the problem of using production and consumption waste, which is generated in ever-increasing quantities.

Mankind is living in an age of consumption - the production of a wide range of goods is only increasing.

Today, polymers are the most common raw material in many areas, as a result of which they have replaced more expensive raw materials - natural wood and metal. The cheapness of the material, the technical parameters of plastic doomed it to popularity.

The widespread use of plastic products has raised a number of questions about the disposal of plastics, which has lost its practical interest. The main problem is that



the period of natural decomposition of plastic is from 100 to 400 years, and as a result, traditional burial in landfills does not solve the problem [1].

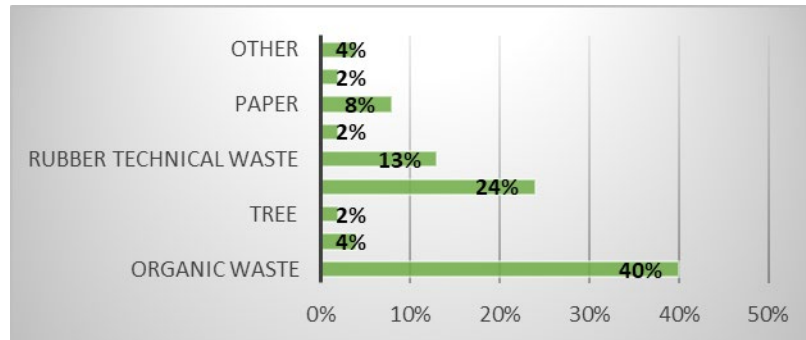


Fig.1. Percentage of waste in Ukraine.

Thermal destruction leads to the release into the atmosphere of harmful substances that are not excreted from the human body. The best option is recycling, ie recycling of plastic.

Plastic mass (plastic) - artificially created materials based on synthetic or natural polymers. They are formed at elevated temperatures, at a time when they have high plasticity. Raw materials for the production of polymers are oil, natural gas, coal, shale [2].

Plastics have a fairly low density (0.85-1.8 g / cm²), which contributes to their significant demand. This feature of plastic significantly reduces the weight of parts, in addition, they have high corrosion resistance and a wide range of other properties. Plastics make it possible to successfully use them for the manufacture of plain bearings, because they have good anti-friction characteristics. The high coefficient of friction of some plastics allows them to be used for brake devices. Some plastics have specific properties: high electrical and thermal insulation properties, high transparency, etc. [1].

An important advantage of plastics is the ability to process them into products in the most productive ways with a coefficient of material utilization of 0.9-0.95 - casting, extrusion, etc. [4].

The disadvantages of plastics include:

- low strength, hardness and mechanical rigidity;
- large value of the coefficient of linear thermal expansion ($\sim 15 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$);
- creep, especially in thermoplastics;
- low heat resistance (most plastics have an operating temperature not higher than 200 ° C, and only some can operate at 300... 400 ° C),
- low thermal conductivity (500-600 times less than metals),
- tendency to aging (loss of properties under the influence of heat, light, water and other factors) [2].

When the aging process occurs, polymer products lose their elasticity and strength while increasing their mechanical stiffness and fragility. The ability of a material to large back deformations is called elasticity. This term is physically similar to elasticity, but the former is used for amorphous and the latter for crystalline bodies [3].



The hardness of plastics according to the Brinell method is 30... 200 MPa [2].

Many polymers have an amorphous (glassy) state, such polymers are called resins.

Plastics may contain a certain amount of crystalline phase, which increases the strength, stiffness and heat resistance of the polymer. In the production of plastics using mainly synthetic resins [3].

In addition to polymer raw materials, plastic products can be filled with fillers, plasticizers and special additives that give plastic certain properties.

Fillers (reinforcing components) can be organic or inorganic substances in the form of powders (graphite, wood or quartz flour), fibers (paper, cotton, asbestos, glass) or canvases or sheets (fabric, paper, wood veneer). Fillers increase the strength, wear resistance, heat resistance and other properties of plastics. Their share in plastic can reach 40... 80% [2].

Plasticizers are introduced to increase the plasticity and elasticity of plastics (glycerin, castor or paraffin oil, etc.) [2].

Additives can be:

- stabilizers - substances that slow down aging (soot, sulfur compounds, phenols);
- lubricants - substances that eliminate the adhesion of the material to the mold, increase its fluidity, reduce friction between the particles of the composition (wax, stearin, oleic acid);
- dyes - substances that give plastic products a decorative look (ocher, etc.);
- catalysts - substances that accelerate the hardening of plastics (urotropin, metal oxides);
- flame retardants - substances that reduce the flammability of polymers (eg antimony compounds);
- antistatic - substances that prevent the occurrence and accumulation of static electric charge in products made of polymeric materials;
- pore formers - substances that decompose during heating, releasing resin-foaming gases, resulting in the formation of pores and foams with a porous structure.

Plastic waste also includes worn tires, which are one of the most heavy-duty polymer wastes. Automotive industry It has developed a lot in recent years, and as a result there has been an increase in total waste [4].

Used rubber should be classified as industrial waste. Millions of tons of waste are generated during the wear of rubber products. Most of them are used car tires (tires of trucks, cars, agricultural vehicles, tractors, motorcycles and special vehicles), as a rule, are subject to disposal. Their suppliers are industrial and private farms, as well as administrative institutions [5].

Tires of fleets of industrial enterprises and administrative institutions in the framework of general technical and repair work are subject to regular replacement every 1-2 years. Tires of private cars have a service life of 60-80 thousand km, which corresponds to an average of 3 years of operation. This also includes conveyor belts, household rubber products, shoes. 700-750 kg of new rubber can be made from 1 ton of worn tires [5].



Rubber crumb from car tires is used in the production of roofing materials, available in the form of mastic, rolls and plates. It can also be used in the production of bio-resistant thermal insulation material for floor insulation, car interiors, tractors.

Rubber crumb is a valuable raw material for the manufacture of various building materials and is widely used for the preparation of rubber-asphalt mixtures in road construction. Worn tires can be used to produce adsorbent and ion exchange materials. Ion-exchange materials made of crushed rubber are suitable for wastewater treatment from ions of some metals with 99.5 percent efficiency, and adsorbents - for collecting spilled oil from the water surface and purification of waste oils [5].

Crushed rubber can be used as a backing layer when growing plants by hydroponics or in a mixture with soil to increase soil fertility. Whole worn tires can be used to strengthen river banks and canals from erosion, create depreciation barriers on dangerous roads, strengthen dumps in mines, as well as for decorative purposes [6].

The purpose and objectives of the study

The aim is to solve the problem of recycling polymer and rubber waste by improving the technology for recycling.

To achieve this goal you need to solve the following tasks:

1. Determine the relevance of methods of processing polymer waste;
2. Analyze existing technologies for the processing of rubber waste.
3. Justify the parameters of the mechanism for recycling of polymer and rubber waste. waste.

Analysis of recent research

Today the problem of polymer waste disposal is quite relevant, high oil prices (raw materials for polymer production), the global energy crisis, the state of the environment encourage the development of effective recycling systems of spent polymers, which in conditions of oil shortage become a valuable raw material and energy resource [4] .

Methods of plastic waste recycling

Wastes from the production, processing and operation of some polymers can be recovered to the original synthesis products and returned to industry. This method is the most promising direction of polyurethane (PU) waste disposal, as their incineration is unprofitable, and pyrolysis is accompanied by the release of toxic gases [8].

Table 1. - Methods of processing polymers and obsolete products.

Method name	Brief description
Hydrolysis	This method of recycling plastic waste is the decomposition of polymers by acids with a simultaneous effect on recyclable raw materials at high temperatures. The most common way of recycling plastic abroad. There are different methods of hydrolysis - the most efficient, expensive, using catalysts.
Glycolysis	Processing involves the use of glycols - special alcohols. These alcohols contain hydroxyl groups. To carry out the required reaction, two conditions must be met: maintain a high temperature and choose the right catalyst.



Methanolysis	This method of waste disposal consists in deep polymerization and splitting of plastics using ethanol. Without the presence of special reactors that maintain a temperature of 15 degrees and a pressure of 1.5 MPa, to recycle plastic in this way will not work.
Gyrolysis	Simply put - thermal destruction. That is, the decomposition of raw materials by heat treatment without oxygen. The output is the initial monomer. The technology of this method of polymer processing allows not to sort raw materials before recycling.

These recycling methods, with a well-established process, minimize harmful emissions and waste, but these physico-chemical options have expensive and complex processing technology, which requires the presence of highly qualified specialists [11].

Mechanical method

In Ukraine, mechanical recycling is used - a method based on the physical grinding of processed raw materials.

It should be noted that in this process the plastic does not lose its properties.

The peculiarity of the method is that there is no need to buy expensive equipment and hire specialists for it.

For modern lines involved in machining, the following is suitable for recycling:

The output is several species products [9].



Fig. 2. Flex of polymer waste

The most promising for further implementation are granules and flex. In addition to the high demand for this secondary raw material, the technology of production of granules and flex is the least complex. For flex it is ordinary crushing, for granules - extrusion.

Flex are polymer flakes, which are consequently used for the manufacture of fiber, plastic containers and other products.

Granules are widely used on an industrial scale, so secondary raw materials of this type are in high demand.

The cost of pellets is also out of competition [9].

Stages of polymer waste processing

At processing of plastic on secondary raw material first of all it is subjected to sorting further the following stages of recycling are realized:

1. Grinding of recycled material.



2. Agglomeration - sintering of polymers into small particles.
3. Granulation of mass - production of granules of different fractions in special equipment [8].



Fig. 3. Ready granulate

Purified ground polymer (flex) or agglomerate can be sold as a final product.

Due to the thermal effect of plastic as a secondary raw material can be recycled no more than 4-5 times, because when exposed to high temperatures, the properties of polymers deteriorate.

The raw material obtained by recycling is used in the production of fibers for carpets, synthetic clothing and threads (about 30% of all recycled materials).

About 70% of recycled plastic is used in the production of polyester fibers, which are later used to insulate sportswear, sleeping bags, as a filler for soft toys.

After the last cycle, as a rule, plastic is used in road construction [11].

Tire life cycle

The life cycle of tires can be divided into six stages:

Manufacturers and retailers establish rules for the return, retreading and replacement of tires to reduce tire waste and take responsibility for accepting tires for disposal or recycling [5].

High-quality maintenance and timely replacement of tires during use by consumers affects the wear of tires and safety of their operation.

Proper manufacturing and quality delivery reduce the amount of waste in production.

The development of strategies for the disposal of tires, their incineration, or the processing of waste into new products, creates viable enterprises, and implements public policy.

Product developments and innovations such as component improvements and tire breakdowns will extend their service life, reduce replacement rates, improve consumer safety, and reduce the number of tires in waste.

Direct distribution through retailers, reduces inventory time and ensures that customers will be properly informed about the service life and safety of products [5].

Technologies for processing and utilization of rubber waste

Recently in Ukraine the use of rubber products is becoming more intensive - the amount of waste is increasing accordingly.

Waste rubber products can be divided into industrial waste and consumer waste. Wastes from the production of rubber products are accumulated at enterprises that produce rubber technical products, car tires, rubber footwear [7].



Wastes from the production of rubber technical products are divided into:

- waste rubber compounds;
- unvulcanized rubber waste;
- vulcanized rubber waste.

The main, most common type of consumer waste is depreciated tires. In the world, the production of car tires consumes half of the synthetic rubber produced (more than 15 million tons per year), and eventually all the tires produced after some time fall into the trash. The service life of car tires is less than the service life of most rubber products [7].



Fig. 4. Worn tires

Tire recycling, or rubber recycling, is the process of recycling used tires that can no longer be used on vehicles due to wear or damage. Tires are a problematic source of waste due to the large volume of production, durability of tires and their components, which is an environmental problem. They can take up a lot of space in landfills because they are very durable and non-biodegradable.

In 1990, it was estimated that more than 1 billion used tires were stored in the United States. In 2015, only 67 million tires were in storage. From 1994 to 2010, the number of recycled tires in the European Union increased, from 25% of annual emissions to almost 95%, with about half of the tires used going to energy, mainly in cement production. New technologies such as pyrolysis and de-vulcanization have made tires recyclable despite their durability and quantity. The end products of tire recycling include alternative fuels, new rubber products, playground coatings, new tires and rubber, and asphalt modifiers [10].

Why is it necessary to recycle rubber products?

Used car tires are hazardous wastes of the fourth class. It contains 15 toxic compounds, most of which are carcinogens that cause cancer. Their concentration in rubber exceeds the concentration of toxins in exhaust gases. The release of toxins occurs even during storage of rubber products.

The process of decomposing rubber dumped in landfills takes more than 100 years. Rain washes toxins into the soil and groundwater. Thus harmful substances get into a human body, causing oncological pathologies. Disposal of rubber products by incineration leads to the transfer of hazardous compounds into the air. Tire production accounts for a significant share of oil, the supply of which is limited and not renewable. Therefore, the proper disposal and recycling of rubber products is important for maintaining an acceptable environmental condition, natural resources and human health [10].



How is the processing of rubber products?

Tires with textile cord are processed mechanically. It is implemented in the following sequence:

1. cutting the side ring;
2. coarse grinding;
3. average grinding of the obtained parts;
4. grinding into particles of 1-0.5 mm;
5. scattering of crumbs with cord separation.

All stages of work take place at specialized enterprises with the help of high-tech equipment.

Processing of tires with a metal cord occurs on other principle:

1. cutting of an onboard ring;
2. cutting into 3-4 parts;
3. coarse, then medium crushing;
4. electromagnetic extraction of the metal cord;
5. final crushing into particles of 1-0.8 mm;
6. removal of textile cord;
7. separation of crumbs.

The resulting crumb is then used in the production of regenerate, in some cases replaces rubber. It is also used to make new products: tires, shoes, building materials, floor coverings for agricultural and warehouse premises, car mats, under-rail gaskets, mudguards, wheels of household carts and more [10].

Various technologies are used in the world for the processing and disposal of rubber waste and worn car tires. These technologies involve the use of worn tires and rubber waste to produce energy by burning, shredding tires and rubber waste to obtain rubber crumbs, powder and regenerate.

Burial of tires in landfills is not desirable, as 75% of their volume is a cavity that quickly fills the valuable space of the landfill. Tires can collect methane gas, and as a result become floating, or rise to the surface like bubbles. Due to the similar effect of bubbles, tires can damage the insulating material between waste horizons, which are installed to keep sewage from landfills from contaminating local surface and groundwater.

Shredded tires began to be used in landfills as a replacement for other building materials, as a material that is easily filled with gas in ventilation systems, drains, collection systems and operating tabs. Crushed tire material can also be used for covers, coverings, or daily landfill cover. Used car tires as a material for shelter and filling are also cost-effective, because the tires can be crushed on site, rather than importing other materials [10].

Tire dumps pose a great danger to the environment and a risk to health. Tire fires can start very easily, and burning can take months, creating significant air and soil pollution. Recycling reduces the number of tires in storage. Stacks of tires, which provide shelter for pests and serve as a breeding ground for mosquitoes that can spread disease, also pose an additional health risk.

Illegal landfills of used tires pollute ravines, forests, deserts and wastelands; which has led in many states to the creation of rules and laws that require proper



management of delivery and acceptance of used tires [11].



Fig. 5. Rubber waste landfill

Unfortunately, the storage and recycling of tires is sometimes associated with illegal activities and lack of environmental awareness.

Undamaged worn tires are often used in the construction of artificial reefs, for example, off the coast of Australia, the company "GoodYear" has created an artificial reef with 15 thousand tires, off the coast of Florida - with 215 thousand tires. Artificial reefs made of tires are also available in New Zealand, Greece, Japan, Jamaica and other countries. Sea water is not polluted.

Sometimes worn tires are used as protective elements, for example when strengthening slopes from erosion processes. In this case, the slopes are covered with tires, cover them with soil and sow grass.

The use of worn tires for energy from an environmental point of view is ambiguous, because it is associated with the release into the atmosphere of large amounts of zinc and sulfur. However, in order to dispose of tires and obtain additional energy in the world, tire burning is widely used.

The main reason for the use of methods of burning tires for energy in many developed countries - the lack of effective technologies for integrated processing of tires to obtain high quality products.

Bridgestone / Firestone technology has been used as a fuel in the cement industry and has been used successfully in Japan since the early 1980s. This technology is implemented as follows: whole or cut into pieces tires are fed into an upgraded rotary kiln, metal cord, located in the tires, partially replaces the iron ore needed in the production of cement [7].

Old tires can be used as an alternative fuel in the production of Portland cement, a key component of concrete. Tires are usually fed to cement kilns by pumping them into the top of the kiln heater, or by dropping them into a slot in the middle of a long wet kiln. In any case, high gas temperatures of 1000 - 1200 ° C cause almost instantaneous, complete and smokeless combustion of tires. In addition, the tires can be crushed to a size of 5-10 mm, and in this form they are fed into the combustion chamber of the precalciner. Iron and zinc from tires are chemically included in cement.



However, in Switzerland, the company "Jura cement works". Stopped burning tires in cement kilns due to environmental pollution by combustion products. In the United States, only 12 of the 200 existing kilns burn worn-out tires, despite the fact that the cost of retrofitting coal kilns to replace worn-out tires is relatively small. fuel for a long time [7].

Usually tires are not recycled, but burned, but today the search continues and to find them useful. One of the options: crushed tires, as a rubber crumb, is added to the hot melt of asphalt, as a modifier - in the processing of asphalt pavement, and as a filler for concrete with Portland cement. Tires can also be converted into other tires. Tires can be cut and used in beds as mulch to retain water and prevent weeds. Some of the "green" buildings, both private and public, were made from old tires.

Pyrolysis can be used to convert tires to combustible gas, oils, solid semi-coke residue, and low-grade soot that cannot be used in tire production. A pyrolysis method has been developed that allows the production of activated carbon and high-quality carbon black [7].

Products made of tires

Tires can be reused for many purposes, although in most cases they are burned to produce heat. As of 2003, according to a report by the Environmental Protection Agency, 80.4% of used tires in the United States are either recycled or used for useful purposes, which is about 233 million tires per year. Assuming that the weight of one is approximately 10.2 kg, according to a 2003 report, the total weight of tires used was 2.62 million tons.

One of the options for recycling tires involves the production of alternative products for sale. New products derived from used tires create greater economic activity than incineration or other low-level production, while reducing waste flow without creating excessive pollution and emissions from recycling.

Metallurgical plants can use tires as a source of carbon, replacing coal or coke in steel production.

The process of stamping and cutting tires is used to make some goods. For example, for the manufacture of sandals or an additional layer of the base of the pavement, connecting together the cut side walls to form a flexible mesh [10].

Finely ground rubber crumb can be used for paving projects and similar purposes. Types of products for paving: rubber, modified asphalt, concrete modified rubber, and as a replacement in general. Examples of rubber molded products are carpet or lining, bumpers, decks, bumpers, blocks at railway crossings, livestock coatings, rubber bricks for sidewalks, moving lying cops.

Rubber can be fused with plastic for products such as pallets and railway sleepers. Sports and recreational areas can also be paved with shock-absorbing rubber-molding materials. Rubber from tires, crushed to medium size can be used directly as a rubber coating. Rubber crumb can also be used as a filler, alone or in a mixture with coarse sand, in coatings such as synthetic lawn.

Shredded tires are widely used in civil engineering. They can be used as a filler for retaining walls, backfill for collector wells of landfill gas, backfill of landslides during repairs, as well as a material for damping vibrations of railway tracks [11].

Tires are also often recycled to cover basketball courts and new footwear.



The main results of the study

Pyrolysis of tires

The pyrolysis method of recycling used tires is a technology in which whole or shredded tires are heated in a reactor in an oxygen-free atmosphere. In the reactor, the rubber softens, then the rubber polymers break down into smaller molecules. Eventually, these small molecules evaporate and leave the reactor. The resulting vapors can be used immediately to generate electricity, or condensed into a fatty liquid, which is then usually used as fuel. Some of the resulting molecules are too small to condense. They collect as gas, which can also be burned as fuel. Minerals that were part of the tires, about 40% by weight, are removed as solid ash. If the process is done properly, pyrolysis of tires is a clean process with little emission and waste, however, there may be concerns about air pollution by incomplete combustion products, which were recorded in cases of burning tires [12].

The properties of gases, liquids and solids depend on the type of raw material and production conditions of the process. For example, all tires contain fiber and steel. Shredded tires contain more steel, and most of the fibers are removed. Processes can be periodic or continuous. The energy required to decompose rubber includes the use of directly obtained fuel gas stove, electrical induction similar to ovens that are heated by electricity or a microwave oven. Catalysts are sometimes used to accelerate decomposition. The choice of raw materials and process can affect the cost of finished products.

The historical problem of pyrolysis of tires is a solid mineral residue, which accounts for about 40% of the original mass. Steel impurities can be pre-removed with magnets for recycling. The solid material that remains, the so-called "charm", has no important use other than the probable low-carbon fuel. "Charm" is used instead of technical soot, which is used to strengthen and increase the wear resistance of tires. The solid residue also consists of minerals used in the rubber industry. This high volume of tire pyrolysis components is a major obstacle, although this topic continues to be a source of innovation [12].

Processing by pyrolysis - a modern way of bottling tires and other rubber products. It is successfully used abroad, but is not very popular in Ukraine yet.

Pyrolysis - the most cost-effective way of processing rubber from used tires and other rubber products, while not polluting the combustion gases environment.



Fig. 6. Pyrolysis of rubber products



Pyrolysis technology proceeds as follows:

The tires are pre-divided into front and side by means of a boring machine.

Cut tires are loaded into a special container (retort), which is sealed and placed in the oven.

The furnace is heated to 450 C° and the pyrolysis process begins, during which gas is released. When the decomposition of raw materials is completed, the retort is removed and replaced with a new one.

After cooling for several hours, the container is unloaded, separating the carbon residue from the metal cord.

The procedure differs from conventional combustion by the lack of oxygen required for combustion [12].

Under such conditions, chemical reactions take place, as a result of which gaseous oil fractions are released from the tires, and carbon powder and cord remain in the furnace.

Production is waste-free, because all pyrolysis products are used in industry, bringing good profits.

Output products:

- liquid fuel;
- carbonaceous residue;
- pyrolysis gas;
- metal cord tires.

Each product obtained can be sold in various sectors of the agro-industrial complex.

Fluid output

The liquid obtained at the outlet during the pyrolysis of rubber - synthetic oil, similar in composition to natural.

With additional processing, it can replace many fuels and lubricants - gasoline, diesel fuel, oil and more.

In the United States, more than 100 million used tires are converted to diesel every year fuel, and one tire is equivalent to 30 liters of oil [12].

As a last resort, untreated pyrolysis oil from tires can be used as fuel for stoves and boilers.

Solid carbon-containing residue is used in various fields: in the manufacture of certain rubber products (eg, conveyor belts or new tires); in paint and cement production - as a dye; used as a sorbent instead of activated carbon; can serve as a solid fuel or a component for liquid fuel.

Pyrolysis gas is a volatile component resembling natural gas.

The main part of it during the operation of pyrolysis equipment is converted into a liquid fraction, and the non-condensable residue is used to support the combustion of the furnace.

Metal cord is the core of the tire, the only component that does not change during pyrolysis.

The reinforcing material of car tires is a high-quality steel, which with additional processing is successfully used as a knitting wire or is remelted.

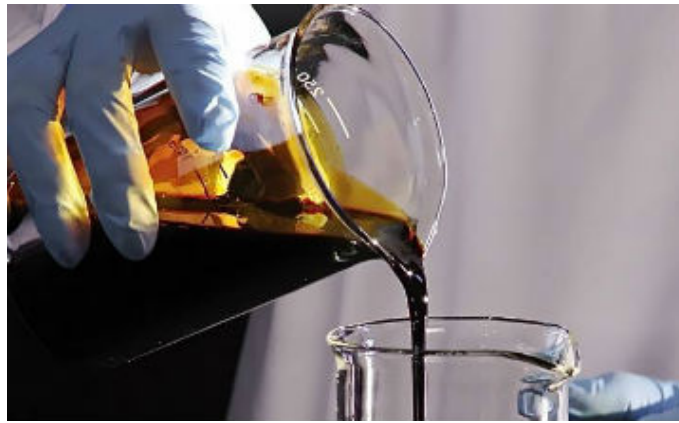


Fig. 7. Synthetic oil from recycled tires

The composition of the simplest pyrolysis unit is as follows: Crucible, which is loaded with raw materials - tires; combustion chamber where heating takes place; a heat exchanger in which pyrolysis gas condenses into a liquid fuel [12].

Processing of rubber tires with high-performance ultrasound

Waste rubber is a toxic, non-biodegradable material, making it an environmental and economic problem. Ultrasonic desulcanization is a fast and efficient method of waste rubber waste disposal, which allows reuse of waste [12].

Ultrasonic recycling of rubber tires is a relatively simple process that has been successfully tested. Linear process scaling of ultrasonic tire processing makes it possible to treat large volumes of industrial scale at economical costs. The problem of rubber waste Rubber waste Rubber causes significant environmental problems due to their toxicity and non-decomposition. Their vulcanized crosslinking of carbon structure and toxicity imposes an environmental burden.

Conventional methods of rubber disposal are uneconomical, not environmentally friendly, and new rubber material made from recycled rubber shows low quality, as the main polymer chains of rubber waste are changed and weakened. Since tires are part of the most problematic sources of waste, environmental and economic methods or recycling are needed [12].

Pyrolysis and desulcanization are the most successful processing processes for tires. Progress in tire recycling is essential to halt the environmental burden of rubber tires and helps reduce tire dumping. Ultrasound treatment can enhance and improve both modern tire recycling, pyrolysis, and desulcanization processes.

Ultrasonic desulcanization of rubber

With the help of ultrasonic desulcanization, sulfur-sulfur and sulfur-chemical bonds in the tires there is a splitting, which leads to a soft rubber melt. This ultra-generated rubber melt can be recycled and shaped into new rubber products, such as new tires [13].

The main advantage of ultrasonic devulcanization is much less heat is required. First, parts of the waste are heated to about 400 ° F or 200 ° C, then fed with a screw feeder through a stream of cells, where the rubber waste is juiced with high performance ultrasound under high pressure.

During ultrasonic deculturation, the rubber is transformed from the previous solid state into a very viscous substance. Intense ultrasound disrupts the three-



dimensional network of vulcanized elastomers rapidly. Ultrasonic treatment of chemical bond decisions takes only a few seconds. Juicy rubber melts can be reinforced with drugs and fillers and be molded into new rubber products.

Pyrolysis wastes can be upgraded by zoning them in hydrochloric and hydrofluoric acids in order to obtain pyrolysis carbon black. Ultrasonic treatment can successfully upgrade pyrolysis waste from tire waste to the high added value of black commercial carbon. Ultrasonic post-pyrolysis treatment thus improves the overall efficiency of the pyrolysis plant significantly [13].

High-precision rubber extraction system using near-infrared technology.

Extracted rubber of high purity is transferred for use in a new role of recycled raw materials.

Extracted and recycled high-purity resources are given new life as "resource-oriented products".



Fig. 8. Extracted rubber

Recycled rubber is used in interior parts of air conditioners, refrigerators and induction hobs. Vacuum insulation, which uses fiberglass obtained from the processing of cathode ray tubes of televisions, is used in new refrigerators.

The problem of recycling worn-out car tires and obsolete rubber products is of great environmental and economic importance for all developed countries. The irreversibility of natural crude oil dictates the need to use secondary resources with maximum efficiency, ie in place of garbage mountains we could get a new industry for our region - commercial waste processing [12].

One of the most promising methods of disposal is pyrolysis - thermal decomposition of organic compounds without access of air.

Given that the tires of cars and trucks change on average every 2-3 years, the scale of subsidence in landfills is more than significant. Thus, according to the State Motor Transport Research and Design Institute (Kyiv), in Ukraine the annual increase in worn tires is 200 thousand tons. At the same time, only a small share of this material is processed at specialized enterprises in Ukraine - up to 14 thousand tons, ie about 7%.

In the process of pyrolysis of car tires, waste rubber products and / or polyethylene, valuable products are released: Pyrolysis fuel, carbon residue (carbon black), metal cord and pyrolysis gas.

Liquid Pyrolysis Fuel is an analogue of dark petroleum furnace fuel. This is a high-calorie fuel. The amount of heat released when burning 1 kg of liquid pyrolysis fuel is 5% more than when burning 1 kg of fuel oil. One kilogram of furnace fuel



replaces 1.18 cubic meters in terms of heat energy. natural gas. This fuel has the highest quality analog of fuel oil M-100, while surpassing it in its technical characteristics and properties (table 2) [10].

Table 2. - Characteristics of pyrolysis liquid:

Property	Indicator
Density at 20°C	920 kg / m ³
Ash content	0,11%
Mass fraction of water no more	1,0%
Mass fraction of sulfur is not more	1,5%
Mass fraction of mechanical impurities	0,2%
Flash point in a closed crucible	41°C
The pour point is not higher	35°C
The heat of combustion is lower	42 MJ / kg (9,996 kcal / kg)
The heat of combustion is higher	50.5 MJ / kg (12,019 kcal / kg)

This type of fuel is intended for use in power thermal installations (kilns of drying complexes, heat generators, steam generators and other vodka-combustion devices), as well as in road construction works. It is used as a liquid fuel for boilers, as a substitute for furnace fuel.

Pyrolysis equipment

The installation is a set of equipment that provides thermal destruction (decomposition into low molecular weight components without access to oxygen) of carbohydrate waste. The main process equipment is mounted on frames and has the dimensions of a 20-foot sea container. The installation is quite resistant to atmospheric temperatures, so it can be placed not in an insulated building. Control of technological equipment is carried out from the operator's control panel [12].



Fig. 9. Installation for rubber pyrolysis

The installation of thermal destruction of car tires includes technological units of pyrolysis and condensation, as well as an automated control system for equipment with start-up valves.

The pyrolysis unit includes: pyrolysis furnace, pyrolysis chamber (reactor), furnace, combined burner with compressor, smoke extractor, chimney.

The condensing unit includes: a filter of pyrolysis gases with a fan, a condenser unit with a circulating water pump, an air cooler and an expansion tank, a gas-liquid separator, a water seal, a storage tank, a liquid fuel pump.



The principle of operation of the installation

Raw materials through the lid are loaded on the pallet into the chamber (chamber volume - 25 m³), where the pyrolysis process takes place when heated without access to oxygen. Heating to a maximum operating temperature of 450-520°C in the chamber is carried out by a burner installed in the furnace. The pressure in the chamber is regulated by the rate of temperature rise. The discharge of flue gases into the atmosphere is carried out through the chimneys.

The results of the study of samples for compression and wear

The use of recycled rubber and plastic products is possible in the manufacture of composites. Composite materials are a special class of structural materials in which the filler is present in our case, sand and rubber are connected to the polymer by mixing at high temperature. The filler can be from 40 to 80% [8,9].

Polymeric composite materials suitable for the production of parts by the method of injection molding, extrusion, or compression, composites include three components: organic or mineral filler; synthetic or organic thermoplastics or mixtures thereof; a set of chemical additives that improve the properties of the mixture of the final product.

Today, composite materials are mainly used for siding, fencing systems, transport pallets, window fittings and other products are only experimental in nature, such as railway sleepers and polymer beams [8].

Testing of experimental materials for compression allowed to determine the highest values in samples with 50% rubber and polymer sand content.

Table 3. - The results of the study of samples for compression.

№	Compressive strength, MPa				
	50/50	60/40	70/30	80/20	100
1	22,00	19,75	15,6	12,65	10,45
2	21,98	21,00	16,73	13,95	9,12
3	22,47	19,10	18,15	14,80	10,00
Average	22,15	19,95	16,8	13,8	9,85
max	22,47	21,00	18,15	14,80	10,45
min	21,98	19,10	15,6	12,65	9,12

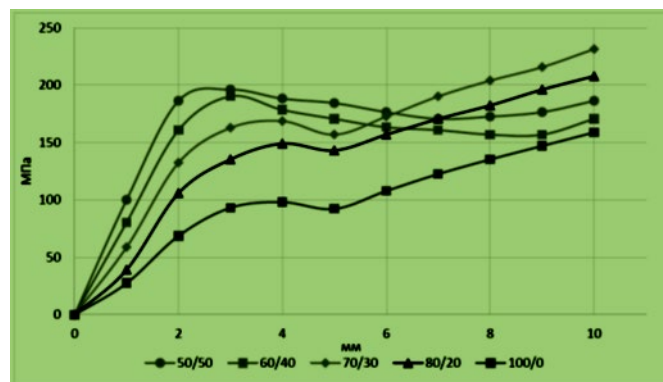


Fig.10. Graph of deformation of samples.

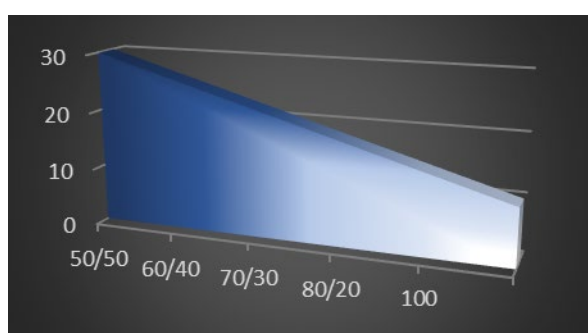
Table 4 shows the results of compression tests. It shows the value of the yield strength of the material and the deformation of the sample at a given force.

**Table 4. - Test results of compression samples.**

Deformation L, mm	Samples, effort, MPa				
	50/50	60/40	70/30	80/20	100
1	100	85	63	42	29
2	190	163	134	104	71
3	192	185	159	129	96
4	181	172	163	144	94
5	186	169	161	135	90

From the graph it is seen that there is a decrease in the yield strength of the sample material by reducing the filler (sand) from 50/50 to 100/0 in the mixture in the range of 196.13 ... 98.06 MPa.

The dependence of the yield strength of the composite material on the content in the sample of polymer and sand are shown in Figure 11

**Fig. 11. The dependence of the yield strength of the material on the polymer content in the mixture.**

From the graph it is obvious that the yield strength of the material decreases with a decrease in the content of filler (sand and rubber) from 50/50 to 100/0 in the mixture in the range from 196.13 ... 98.06 MPa.

The wear value of the composite material depending on the duration of the test, the percentage of sand, rubber and polymer in the composite mixture is shown in table 5.

Table 5. - The dependence of the degree of wear of the sample on the test time and the composition of the composite.

The ratio of components	№ in order	Research time, min	Depreciation, g	Height of the sample, mm
50/50	1	360	0,01	20,10
	2	720	0,03	20,07
	3	1080	0,06	20,01
70/30	1	360	0,03	20,65
	2	720	0,06	20,5
	3	1080	0,11	20,40
100	1	360	0,07	20,48
	2	720	0,14	20,32
	3	1080	0,20	20,20



The analysis shows that the greatest wear are samples of pure polymer 0.07 g for 360 min, and the least wear samples of composite material with a ratio of 50/50 components wear of the sample is 0.01 g 360 min.

The test results are displayed in the form of a graph of the degree of wear on the wear path, for the ratio of polymer to sand 50/50, 70/30 and 100/0.

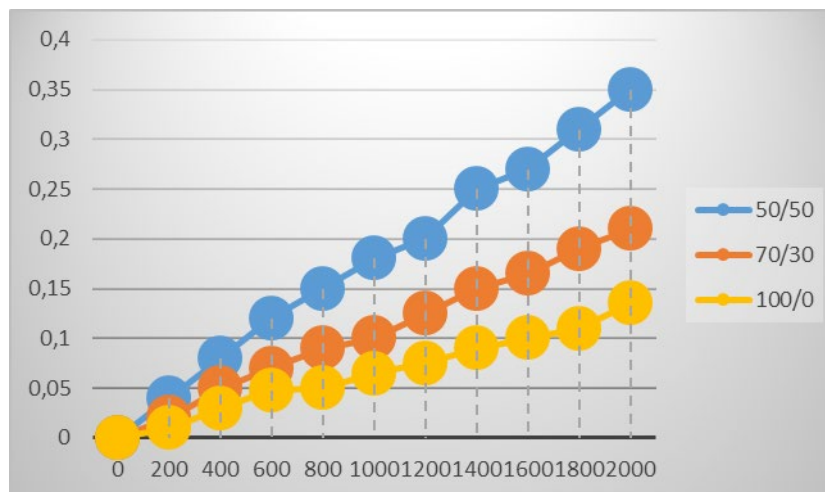


Fig. 12. Graph of the dependence of wear of the composite material on the path of friction.

Conclusions

The use of polymer and rubber waste in further production is one of the main components of any production process. To do this, the waste is processed into secondary granular material or directly into products.

The use of secondary material from polymers and rubber as a raw material allows to obtain a significant environmental and economic effect in the manufacture of products.

Processing of polymers and rubber is a complex, high-tech process. During this process, crushers for polymers and rubber are used, as well as specialized equipment, such as agglomerators, polymer granulators, as well as extrusion machines and pyrolysis plants.

Wastes from the production, processing and operation of some polymers can be recovered to the original synthesis products and returned to industry.

Methods and technological modes of processing significantly affect the properties of products.

The technology of production of composite materials is connected with the study of the influence of the filler on the properties of the synthetic polymer. Sand and rubber as a filler can partially or significantly change the physical and mechanical properties of composite materials.

References

1. Every year Ukrainians create about 11 million tons of garbage: website. URL: <http://www.vin.gov.ua/news/ostanni-novyny/18961-shchoroku-ukraintsi-stvoriuiut-blyzko-11-milioniv-ton-smittia> (accessed 10.01.22).

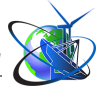


2. Glossary of terms in chemistry. J. Opeida, O. Schweik. Institute of Physical and Organic Chemistry and Coal Chemistry LM Litvinenko National Academy of Sciences of Ukraine, Donetsk National University. Donetsk: Weber. 2008. 758 p.
3. The world of polymers - Polymer recycling: website. URL: http://mirpolimerov.com/stati/article_post/vtorichnaya-pererabotkapolimerov (access date 15.01.22).
4. Denisenko TM Research of modern technologies of plastic products processing. Bulletin of Chernihiv State Technological University. 2014. № 1 (71). Pp. 56-65.
5. Tires and rubber products: website. URL: <https://ekoinvest.com.ua/uk/shyn-riznomanitnykh-humovykh-vyrobiv> (access date 20.01.22).
6. Plyatsuk LD, Ph.D., Prof., Gurets LL, Ph.D., Assoc. Prof., Budyonny OP, Ph.D., Assoc. Disposal of rubber waste. Bulletin of the Mykhailo Ostrohradsky State Pedagogical University. 2007. Issue 5 (46). Part 1. pp. 152-154.
7. Mikulyonok IO Extrusion of secondary raw materials by extrusion: monograph. Kyiv: NTUU "KPI", 2006. 185 p.
8. Paladiychuk Yu.B., Telyatnyk IA Substantiation of methods of polymer waste processing in the agro-industrial complex. Engineering, energy, transport of agro-industrial complex. Issue 4 (115). 2021. P.97-108.
9. Calf IA Improving the efficiency of polymer waste by improving recycling technology. Collection of student research papers "Agricultural Sciences". 2021. №1 (1) P.125-130).
10. Disposal of rubber and car tires website. URL: <https://ua.waykun.com/articles/utilizacija-gumi-i-avtomobilne-shin.php> (accessed 24.01.22).
11. Ящук Л.Б. Ecological aspects of solid polymer waste management in Cherkasy region. Ecological safety. 2011. Vip 1 (11). P.21-25.
12. MM Orfanova, TM Yatsishin, TA Bondarchuk. Analysis of directions of rubber waste utilization. Scientific and Technical Journal № 1 (23) 2021. pp. 109 - 114.
13. Recycling of rubber tires with high-performance ultrasound: website. URL: <https://www.hielscher.com/uk/tire-rubber-recycling-with-high-performance-ultrasound.htm> (accessed 20.01.22).

Анотація. Галузь виробництва виробів з гуми та пластмаси все більше набуває ознак важливої галузі індустрії. Полімери застосовуються практично в усіх напрямках матеріального виробництва й невиробничої сфери. Стабільно зростає попит на готові вироби з полімерних матеріалів з боку найважливіших галузей-споживачів: будівництва, транспорту, сільського господарства, медицини та ін.

Вироби з полімерів та гуму стають все більш досконалими, але одночасно з цим розвиваються та ускладнюються методи поводження з відходами та їх утилізація. З часом вони вже не можуть використовуватись за прямим призначенням, тож вони вибраковуються і відправляються на сміттєзвалища, в той час як полімери та гума є цінними конструкційними матеріалами і їх повторне використання буде позитивним не лише для навколишнього середовища, а й може стати прибутковою галуззю аграрнопромислового комплексу.

Утворення значних об'ємів гумотехнічних та полімерних відходів призводить до

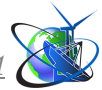


неорганізованого їх складування на звалищах чи неконтрольованого розсіювання у природному середовищі, що підвищує рівень екологічної небезпеки на прилеглих територіях в результаті потрапляння шкідливих речовин із гуми та пластику у довкілля.

В даній статті досліджуються методи переробки полімерних та гумових відходів шляхом вдосконалення технологій для їх переробки у вторинну сировину. Визначенно актуальність методів переробки полімерних відходів. Розглянуто види рециклінгу та етапи переробки полімерних відходів. Проаналізовано життєвий цикл гуми та проведений аналіз існуючих технологій утилізації та переробки гумових відходів. Обґрунтовано етапи переробки гумових відходів. Охарактеризована технологія піролізу для переробки гумових відходів. З врахуванням отриманої інформації, зроблені висновки та визначенно характеристики досліджуваного композиту в склад якого входять пісок, гума та полімер.

Ключові слова: гумо-технічні вироби, полімерні відходи, утилізація, піроліз, композит.

Стаття отримана: 18.02.2022 г.
Паладійчук Ю.Б., Телятник І.А.



УДК 621.9.02

THEORETICAL FOUNDATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF SELECT-MAGNETIC-ABRASIVE MACHINING OF SUPERHARD CERAMICS

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІБРО-МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ НАДТВЕРДОЇ КЕРАМІКИ

Burlakov V.I. / Бурлаков В. І.

с.т.с., ас. проф. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-1826-6486

Priazovsky State Technical University, Mariupol, Universytetska, 7, 87555

Приазовський державний технічний університет, Маріуполь, Університетська, 7, 87555

Анотація. У роботі розглядається теоретичні основи поєднання двох способів оброблення. Розглянуто процес оброблення різальних пластин з надтвердої кераміки за допомогою узгодженої взаємодії вібрації та магнітного поля. Підібрано магнітно-абразивний інструмент щодо вібро-магнітно-абразивного оброблення. Запропоновано штучні алмази у якості абразивного матеріалу що може підвищити продуктивність процесу.

Отримано підвищення продуктивності процесу у 2 – 2,5 рази. Отримано покращення шорсткості поверхні до Ra 0,11 – 0,12 в порівнянні з вібраційним обробленням. Дана характеристика та виявлена роль магнітно-абразивного порошку що забезпечує основу абразивного інструменту при вібро-магнітно-абразивному обробленні. Вирішено що застосування цього способу є доцільним щодо оброблення різальних пластин з надтвердої кераміки.

Ключові слова: магнітно-абразивний порошок, шорсткості поверхні, продуктивність процесу, штучні алмази, різальний інструмент.

Вступ

Фізична сутність вібро-магнітно-абразивної обробки у виробничому процесі полягає в тому, що від вібраційного впливу в робочій камері і лініями магнітної індукції від індуктора виникають сили електромеханічні та механічні та вони повинні взаємодіяти.

Надтверді керамічні пластини - це матеріал, який програє по твердості тільки алмазним матеріалам. Тому оброблення надтвердої кераміки є достатньо важким процесом. Експериментальні дослідження оброблення надтвердої кераміки за допомогою вібрації показали позитивні результати. Була отримана якість поверхні різальних пластини шорсткістю Ra 0,19-0,22. Але в своїй основі вібраційне оброблення містить мікроудари по поверхні різальних пластини, що значно погіршує стан поверхні. Також при процесі може сколюватися і різальна кромка, а це підвищує відбраківку інструменту. Перед дослідниками постала проблема покращення якості поверхні та підвищення продуктивності оброблення в цілому. Таке завдання може бути вирішено як удосконаленням існуючих, так і створенням принципово нових технологій обробки надтвердих керамічних матеріалів.

Основний текст

Вирішенням проблеми підвищення продуктивності і якості різальних пластин з надтвердої кераміки є поєднання вібраційного та електромагнітного



впливу — домогтися притирання деталей з надтвердої кераміки та отримати досить високі показники з якості та продуктивності оброблення.

Основою для створення нових технологій є результати останніх досліджень щодо взаємодії електромагнітного поля з різними матеріалами [1].

Теоретичні основи поєднання таких різних видів оброблення укладаються в наступному:

- продуктивність оброблення при поєднанні способів, в порівнянні з вібраційним обробленням, підвищується в 2-2,5 рази;
- покращення якості поверхні до Ra 0,11-0,12;
- зниження величини напружено-деформованого стану від 697 МПа при вхідних параметрах до 409 МПа
- підвищується стійкість інструменту з різальними пластинами із надтвердої кераміки;
- комплексний магнітний і вібродинамічний вплив на деталь інтенсифікує процес обробки її поверхневого шару щодо надтвердих керамічних матеріалів, які володіють комплексом високих експлуатаційних властивостей.

За допомогою магнітного поля в робочому контейнері формується абразивний інструмент з магнітно-абразивного порошку та домішок і з'являються сили різання при русі пластин, а необхідні пластинам робочі рухи надаються вібрацією.

Через відсутність жорсткого кінематичного зв'язку між деталлю і інструментом, швидкості руху деталей під дією вібраційного сили різні (рис. 1). Вібрація буде проштовхувати кераміку через ущільнений абразив і швидкість її проходження через абразивні зерна буде залежати від ступеня ущільнення абразивних стовпів. В результаті буде відбуватися процес інтенсивної або помірної обробки, причому, в кожній із частин робочої камери в залежності не тільки від ущільнення абразивних частинок, а й від наявності тієї чи іншої частки в даній конкретній частині робочої камери.

Використання традиційних абразивних матеріалів в якості різального інструменту при ВіМАО неможливе, так як абразив не тільки різальний матеріал, а й повинен бути матеріалом з високими магнітними властивостями.

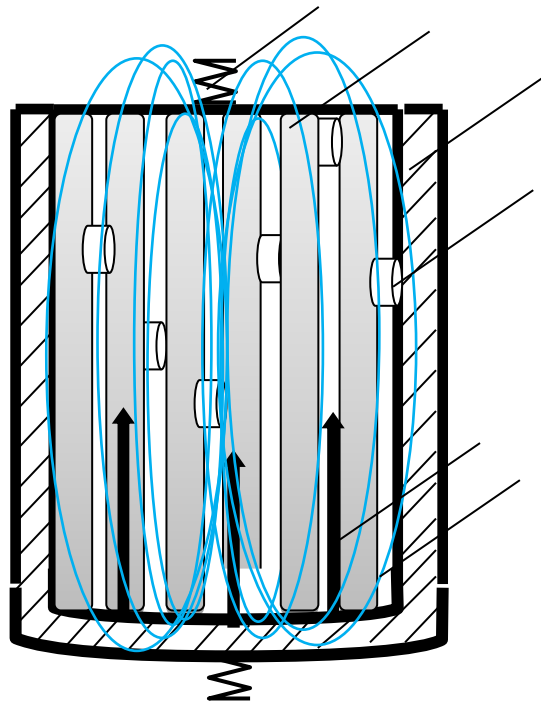
Основною властивістю вібро-магнітно-абразивних порошків є утримання алмазної складової у феромагнітному матеріалі. Це істотно впливає на стійкість зерен порошку при впливі термічних і механічних навантажень. Важливе значення має також мікротвердість, форма частинок, технологічність у виготовленні і вартість магнітно-абразивного міксу. Таким чином, в якості різальних елементів при ВіМАО використовуються феромагнітний порошок ФЕРОМАП і штучні алмази марки АСМ 20/14.

Вид робочого середовища має найбільший вплив на інтенсивність процесу обробки при ВіМАО, тому при проведенні досліджень був визначений широкий діапазон матеріалів, що використовувалися в якості робочого середовища [2].

Правильний вибір магнітно-абразивних порошків (МАП) є одним із найважливіших факторів, що впливають на якість, продуктивність і вартість абразивної обробки в магнітному полі. Основними фізико-хімічними



властивостями, що визначають якість МАП, є: магнітні властивості, твердість, реакційна здатність по відношенню до оброблюваного виробу, міцність, структура частинок. При ВіМАО в постійних магнітних полях, функцією яких є фіксування частинок МАП у нерухомому стані, крім максимальної намагніченості частки повинні володіти якомога більшою магнітною проникністю в робочих полях. Це дозволяє досягти максимальної намагніченості МАП у відносно невисоких магнітних полях, що спрощує конструкцію електромагнітної системи верстата, дозволяє зменшити її габарити [3].



1 – робоча камера; 2 – зразки з ПСТМ; 3 - напрямок дії вібрації; 4 – стовпчики інструменту; 5 – лінії електромагнітного поля; 6 – пружні опори.

Рисунок 1 - Схема руху зразків в робочій камері при дії магнітного поля та віброприскорення.

Авторська розробка

При ВіМАО феромагнітний порошок не може виступати в якості самостійного робочого, абразивного середовища, оскільки володіючи невисокими фізико-механічними властивостями не здатен самостійно здійснювати обробку таких твердих матеріалів, як різальні композити на основі ПКНБ.

Роль феромагнітного порошку при ВіМАО визначається не тільки здатністю формування середовища в магнітному полі, а й утримання на своєрідних площадках на яких можливе розташування алмазного порошку, який і здійснює безпосередньо обробку поверхонь композитів із ПКНБ.

В якості добавки до абразиву використовувалися гранули Al_2O_3 формо-розміром - 5×5 мм (рис. 2).



Рисунок 2 - Гранули з оксиду алюмінію (Al_2O_3).

Джерело: [2]

Також для збільшення продуктивності і якості обробки використовувався синтетичний алмаз АСМ 20/14 [4].

Необхідно відзначити, що МАП забезпечує високопродуктивну і якісну обробку деталей, коли в процесі обробки відбувається суцільне рівномірне заповнення порошком робочої зони.

Висновки

Таким чином, використання вібро-магнітно-абразивного оброблення щодо надтвердої кераміки достатньо обґрунтовано, виправдано та своєчасно.

1. Поєднано дві схеми оброблення і забезпечено домінування процесу притирання без ударів.
2. Вибрано магнітно-абразивний матеріал – ФЕРОМАП 200/100.
3. Підвищено продуктивності оброблення у 2 – 2,5рази.
4. Підвищено якість оброблення (в порівнянні з вібраційним обробленням) надтвердої кераміки до Ra 0,11 - 0,12.

Литература:

1. Грабченко А.И. Повышение эффективности процессов финишной обработки деталей ГТД из труднообрабатываемых материалов / А.И. Грабченко, В.А.Коваль, В.А. Федорович, И.Н. Пыжов, В.Г. Клименко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2013 Вип. 3 Р. 12-18.
2. Барон Ю. М. Индуцированные токи в процессе магнитно-абразивной обработки / Ю. М. Барон, М. М. Радкевич, В. Н. Кудрявцев // Современное машиностроение. Наука и образование, 2019.- Р. 633-642.
3. Ткачук І.В. Геометричні характеристики магнітноабразивних порошків / І.В. Ткачук, В.С. Майборода // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наук. праць. – Краматорськ, 2014. – Вип. 34 – С. 51 – 57.
4. Anatoly Grabchenko, Vladimir Fedorovich, Ivan Pyzhov, János Kundrák 3D simulation of Vibrating Diamond Grinding MK CR E 20470 Manufacturing Technology, 2014 – Р. 153-160.

Abstract. The paper discusses the theoretical foundations of the combination of two processing methods. The process of processing a cutting plate made of superhard ceramics with the help of a coordinated interaction of vibration and magnetic field is considered. A magnetic-



abrasive tool for vibro-magnetic-abrasive processing has been selected. Artificial diamonds are proposed as an abrasive material, which can increase the productivity of the process. An increase in the productivity of the process by 2–2.5 times was obtained. An improvement in surface roughness up to Ra 0.11 - 0.12 was obtained compared to vibration treatment. The characteristic is given and the role of the magnetic-abrasive powder, which provides the basis of the abrasive tool during vibro-magnetic-abrasive processing, is determined. It was decided that this method should be used for processing cutting inserts made of superhard ceramics.

Key words: magnetic abrasive powder, surface roughness, process productivity, artificial diamonds, cutting tool.

Статья отправлена: 23.02.2022 г.

© Бурлаков В.И.



UDC 615.472

ACOUSTIC-VIDEOCAPSULAR ENDOSCOPE

Yakovenko I.

assistant

ORCID: 0000-0002-7740-4244

Bataliia B.

student

ORCID: 0000-0001-6113-7973

Igor Sikorsky Kyiv National Institute, Kyiv, Peremohy Avenue, 37, 03056

Abstract. Nowadays, problems and diseases of the gastrointestinal tract have received huge scales. Common diseases include inflammation of the thick and thin intestine, gastritis, pancreatitis, bleeding, Crohn's disease, polyps, and many others. A large number of the above-mentioned pathologies need to be diagnosed in time for further treatment. One of the modern and new methods of diagnosis of the gastrointestinal tract is video-capsular endoscopy, currently there is a small number of models of capsular endoscopy, but in all of them there is one common problem, none of them provides such level of analysis of neoplasms as the usual endoscopy in combination with biopsy, or ultrasound diagnostics. Because of this, this technology requires a new solution that will allow to study the gastrointestinal tract in more detail with the help of video capsules.

Key words: GIT, capsular endoscopy, acoustic - videokapsulnyy endoscope, gastrointestinal - intestinal tract, ultrasonic radiation, diagnostics, block-scheme, pyezokristol, contrast.

Introduction.

An important part of the human digestive system is the gastrointestinal tract (GI tract). Its functions include the evacuation of processed food by the stomach through the intestines, mechanical, enzymatic processing of food and absorption of nutrients derived from food into the body. At each stage of the passage of food through the gastrointestinal tract there is a possibility of some disorders and failures, such disorders can cause various pathologies of the gastrointestinal tract. Globally, these problems can negatively affect the human body as a whole [1]. If we take into account the period from 1990-1999 to 2010-2022, the incidence rates of the gastrointestinal tract among people aged 18-50 years increased significantly from (9.13 / 100,000 to 12.89 / 100,000). This confirms the trend of a significant increase in the incidence of gastrointestinal disease (IRR) 1.41 (95% CI 1.27-1.57; $p < 0.001$) in people aged 18 to 50 years [2]. There are many methods of gastrointestinal examination (classical endoscopy, colonoscopy, X-ray diagnosis, magnetic resonance imaging, computed tomography, ultrasound, ultrasound, biopsy, various types of laboratory tests), but none of these methods provides a full range of information about the problems, and have a high level of patient discomfort.

Development of classification of gastrointestinal research methods

To determine the optimal decision for the choice of research method, the analysis of existing gastrointestinal research methods was carried out and our own classification was developed (Fig. 1).

The method of diagnosis, capsule endoscope can solve the problem of studying the walls of the gastrointestinal tract at the desired level of detail, collect data from



some critical places, diagnose remotely, which can not provide other methods [3].

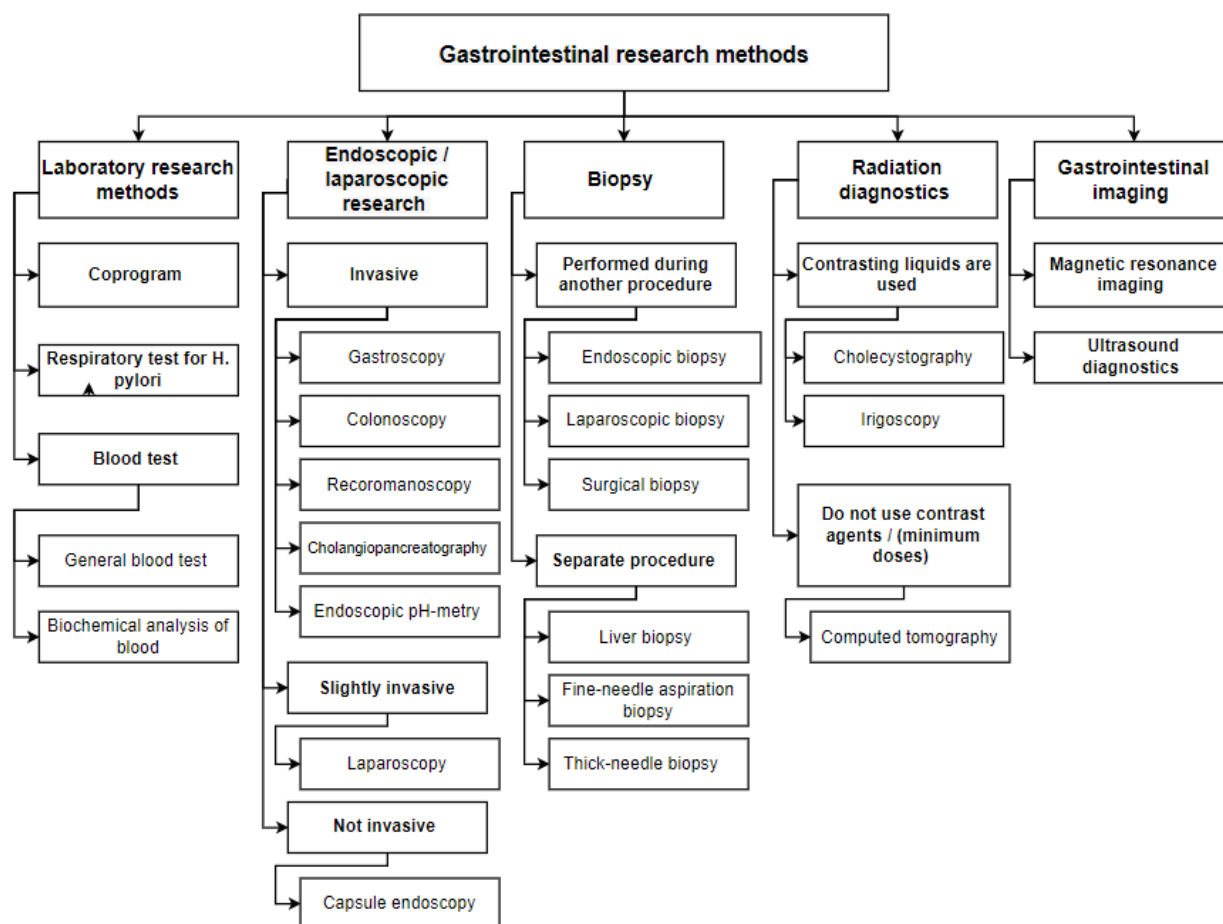


Figure 1 - Classification of gastrointestinal research methods

Source: developed by the authors

Analysis of the problem and ways to solve it

The analysis of existing modern technical solutions of capsule endoscopes and their characteristics is carried out (table 1). After the analysis, the tendency of modern models to solve problems related to battery life, the quality and number of frames, as well as the weight of the models became apparent [4]. But there is another equally important problem, the solution of which is ignored. The inability to analyze the tumor, as to take the analysis of problem tissue using the method is not possible, and the video camera provides only a superficial analysis of the walls of the gastrointestinal tract.

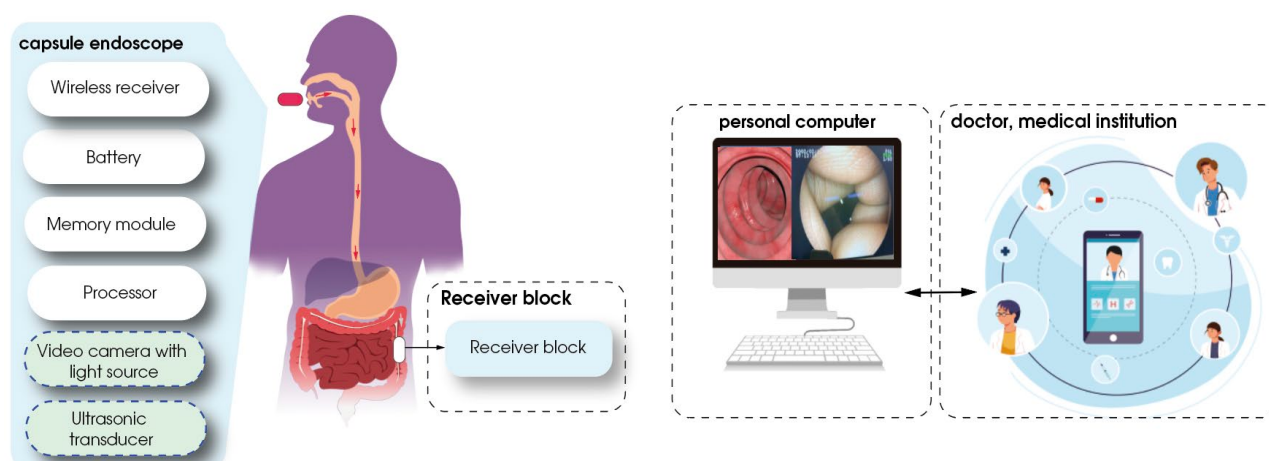
This problem can be solved by modifying the capsule endoscope by adding several modules to the video capsule (Fig. 2). To perform ultrasound and video diagnostics, the capsule must contain modules such as an ultrasound transducer and a video camera with a light source.

Given the fact that we need to get a circular image, our ultrasonic emitter must rotate, so another module must be a rotating mechanism that will be connected to the power supply and oscillating inertial mechanism.

**Table 1. Existing model of video capsule endoscopes**

<i>Model name</i>	<i>Producer</i>	<i>Size (mm.)</i>	<i>Weight (g)</i>	<i>Viewing angle (°)</i>	<i>Number of frames (/ sec.)</i>	<i>Work time (hours)</i>	<i>Image quality (pixels)</i>	<i>look</i>
Miro Cam	IntroMedic	11/24	3,2	170	3	12	320×320	
EC1	Olympus	11/26	3,8	145	2	8	256×256	
PillCam SB2	Given Imaging	11/26	3,45	156	2	8	256×256	
OMOM Capsule	Jinshan Science Technology	13/28	6	140	2	9	256×256	

Source: developed by the authors

**Figure 2 - The principle of capsular endoscopy**

Source: developed by the authors

With the help of an oscillating inertial mechanism and an electric drive, our capsule is set in motion, thus creating a cyclic alternating force of inertia directed along the entire axis of the housing to move the device along the gastrointestinal tract. In order for its movement to be directed, on the outer part of the body there are structural elements in the form of oblique teeth, which in turn create a alternating force of resistance when moving back and forth. All processes are regulated by the controller. To transmit information (video and ultrasound images) to the doctor, the capsule additionally has an information transmission module and a receiver for feedback (receiving commands to the controller) [3,4].

Selection of the illuminating layer

The last modification for the proper operation of our ultrasonic module should be an acoustic window in the body of the capsule. The material from which the protector (enlightening layer) will be made must meet several of our requirements: it



must protect the transducer from the gastrointestinal tract and damage, and it must be non-toxic to the human body.

Among the materials that meet our requirements are biocompatible methyl methacrylate (PMMA), with impedance, which is an important indicator for the tread. This value corresponds to most video capsule endoscopes on the market [4].

Image quality

One of the important issues that need to be addressed to understand the effectiveness of this modification is - a very high-quality image can add this capsule endoscope.

The most important indicators of image quality [5] are the ratio of the contrast of the obtained ultrasound image to noise (SNR). Phantom research has shown that an image with a sufficient CNR for us is possible in this modification using a piezoelectric crystal LN piezocrystal ($\rho = \frac{4700\text{kg}}{\text{m}^3}$, $c_p = \frac{7340\text{m}}{\text{s}}$). As a result, average

SNR data of 6.5, 4.3 and 3.3 were obtained, which are sufficient values for a legible image for a doctor.

Summary and conclusions

This paper analyzes modern methods of gastrointestinal tract research, analyzes existing diagnostic methods, and selects the most promising method that has many advantages over others - capsule endoscopy. A review of modern working solutions of capsule endoscopes, which are already used in practice by doctors, and found a drawback - the inability to obtain more detailed information about the tumor. The offer of the decision of the given problem, and its theoretical realization is put forward. In further work, this idea will be developed, with attempts to technically implement the theoretical solutions that were mentioned in this paper.

References:

1. Баталія Б. О. ВІДЕОКАПСУЛЬНА ЕНДОСКОПІЯ / Б. О. Баталія. – 2020.// XV Міжнародна наукова-технічна конференція «XV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність Інженерних рішень у приладобудуванні».-К.: ПБФ, КІП ім. Ігоря Сікорського. – 2020.-С.252-255.
2. MDPI and ACS Style Schell, D.; Ullah, S.; Brooke-Smith, M.E.; Hollington, P.; Yeow, M.; Karapetis, C.S.; Watson, D.I.; Pandol, S.J.; Roberts, C.T.; Barreto, S.G. Gastrointestinal Adenocarcinoma Incidence and Survival Trends in South Australia, 1990–2017. *Cancers* 2022, 14, 275. <https://doi.org/10.3390/cancers14020275>
3. Баталія Б. О. ВІДЕОКАПСУЛЬНА ЕНДОСКОПІЯ / Б. О. Баталія. – 2021.// XIV Міжнародна наукова-технічна конференція «XIV Всеукраїнська науковопрактична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність Інженерних рішень у приладобудуванні».-К.: ПБФ, КІП ім. Ігоря Сікорського. – 2021.-С.232-234
4. Баталія Б. О. АКУСТИЧНИЙ-ВІДЕОКАПСУЛЬНИЙ ЕНДОСКОП / Б. О. Баталія. – 2021.// XIV Міжнародна наукова-технічна конференція «XVII Всеукраїнська науковопрактична конференція студентів, аспірантів та молодих



вчених «Ефективність Інженерних рішень у приладобудуванні».-К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2021.-С.286-290

5. A.Konstantinidis. X-Ray and Ultrasound Imaging [Електронний ресурс] / A.Konstantinidis // Comprehensive Biomedical Physics. – 2014.

6. Qifa Zhou. Piezoelectric single crystal ultrasonic transducers for biomedical applications / Qifa Zhou, Kwok Ho Lam. // Progress in Materials Science. – 2014. – №66. –С. 88.

Анотація. У наш час, проблеми та захворювання шлунково – кишкового тракту отримали величезні масштаби. Серед розповсюджених захворювань можна виділити про запалення товстої та тонкої кишки, гастрити, панкреатити, кровотечі, хвороба Крона, поліпи, та багато інших. Велику кількість із згаданих хвороб необхідно своєчасно діагностувати для подальшого лікування. Одним з сучасних та нових методів діагностування шлунково-кишкового тракту є відеокапсульна ендоскопія, наразі існує невелика кількість моделей капсульних ендоскопів, але в усіх них є одна спільна проблема, жоден з них не надає такий рівень аналізу новоутворення, як дає звичайна ендоскопія в комбінації з біопсією, або ультразвуковою діагностикою. Через це, дана технологія потребує нового рішення, яке наддасть змогу більш детально вивчати шлунково – кишковий тракт за допомогою відеокапсул.

Ключові слова: ШКТ, капсульна ендоскопія, акустичний - відеокапсульний ендоскоп, шлунково – кишковий тракт, ультразвуковий випромінювач, діагностика, блок-схема, п'єзокристал, контрастність.

Article sent to: 23.02.2022 y.

© Yakovenko I.O.



UDC 57.087.1

3D MODELING AUTOMATED SKIN PERFORATION MODULE FOR BLOOD COLLECTION

Yakovenko I.

assistant

ORCID: 0000-0002-7740-4244

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,
37, Avenue Peremohy, Kyiv, Ukraine, 03056,

Abstract. This article substantiates the analysis of existing methods of blood collection was carried out and their classification was developed. the structural and functional diagram of the biological tissue puncture is proposed for the fingerprint sampling: which contains a system of searching and detecting vessels using machine vision and automatic selection of the required volume of blood sample. The developed 3D models of skin perforation module for blood collection in automated biometric system.

Key words: capillary blood, biometric identification, biological tissue puncture, automatic system, dynamic methods, automatic module, blood sampling, perforation, classification of methods, modeling.

Introduction. Nowadays, blood indicators are widely used for accurate diagnosis of diseases, which are indicators of the state of the human body and the efficiency of certain biological systems and organs. Blood tests are one of the fastest and most accurate ways to diagnose. Many complications arise from the puncture of biological tissues related to sterility and hygiene, the identification of veins or capillaries, the depth of the puncture, as well as problems caused by human factors [1-3]. The situation requires global solutions for the implementation of which the development of automated systems for biological tissue puncture and blood collection, which will ensure safe and fast this procedure, ease of use and reduce the burden on medical staff. The combination of such systems with biometric patient identification [2,3] will provide a qualitative result.

The authors performed 3D modeling (performed in the SolidWorks computer-aided design system) of an automated blood collection system with patient identification by PPG signal (Fig.1) where the red line shows the perforation module [4,5], but the perforation unit is shown conditionally.

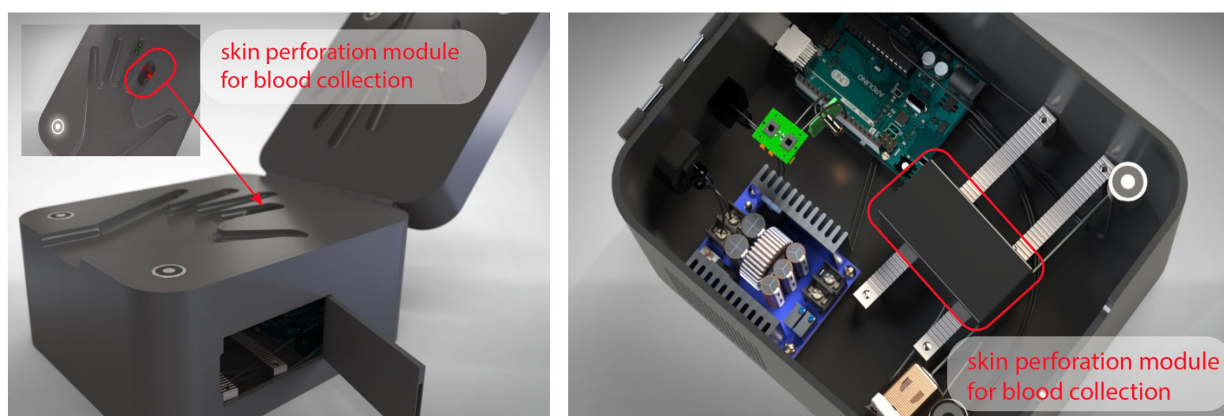


Fig. 1. General view automated system for blood collection with biometric identification

Source: developed by the authors



The aim of this work is to create an automated module for skin perforation with automatic blood collection, which will allow you to safely and conveniently perform quality disease diagnosis and health monitoring.

Classification of blood collection methods

In the work was reviews and analyzes existing blood collection methods and develops a classification based on the characteristics of their use, as shown in Fig 2. The main characteristic is the type of blood for which the device is used. These types are: arterial, venous and capillary. Capillary blood collection methods allow them to be used more widely than arterial and venous blood, as they are simpler, and use tools for puncture (scarifiers, lancets, nano-needles, etc.), as well as allow sampling outside medical institutions.

The main difference in the methods is the automation of the process, so the method of puncture distinguishes mechanical devices: laser Er: YAG 2940 nm, lancets, nanoneedles, automated disposable scarifiers. The main disadvantage is that the successful blood collection procedure is most influenced by the qualifications and experience of medical staff. The problem of human influence can be solved with the help of automated systems that perform the puncture of biological tissue and blood collection without interfering with the process of the health worker.

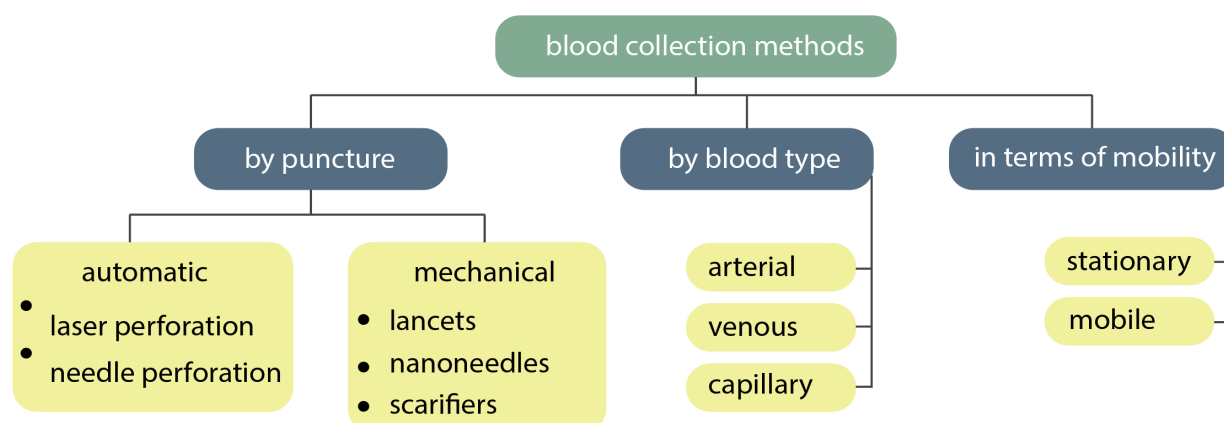


Fig. 2. Classification of blood collection methods

Source: developed by the authors

Automated systems differ in the methods of tissue perforation (laser or needle) and are divided into stationary and mobile (portable).

Structural and functional diagram of the perforation module for automated blood collection

Despite the perfection of automated devices, engineers face problems in designing these modules. It is necessary to ensure the sterility of each subsequent procedure and accurate determination of the location of the vessel.

It was proposed to develop a scheme of the finger perforation module, shown in Figure 3, consisting of power supply, diode, capillary detection unit, positioning unit, substance indication unit and variable perforation unit and blood sample collection. This module works as follows. The position of the blood vessel is determined by passing light from the diode, through the finger and focusing with the capillary detection unit, which in turn consists of two chambers. The module is controlled by a microcontroller, which is located in the control unit, which sends a signal to the



identification unit of the blood vessel, represented by the emitter and receiver of near-infrared light (camera 1 and camera 2) [6,7].

If a vessel is found, the microcontroller sends a signal to the positioning unit, which consists of two stepper motors, which moves the variable unit of perforation and blood collection relative to the two coordinate axes (Fig.4).

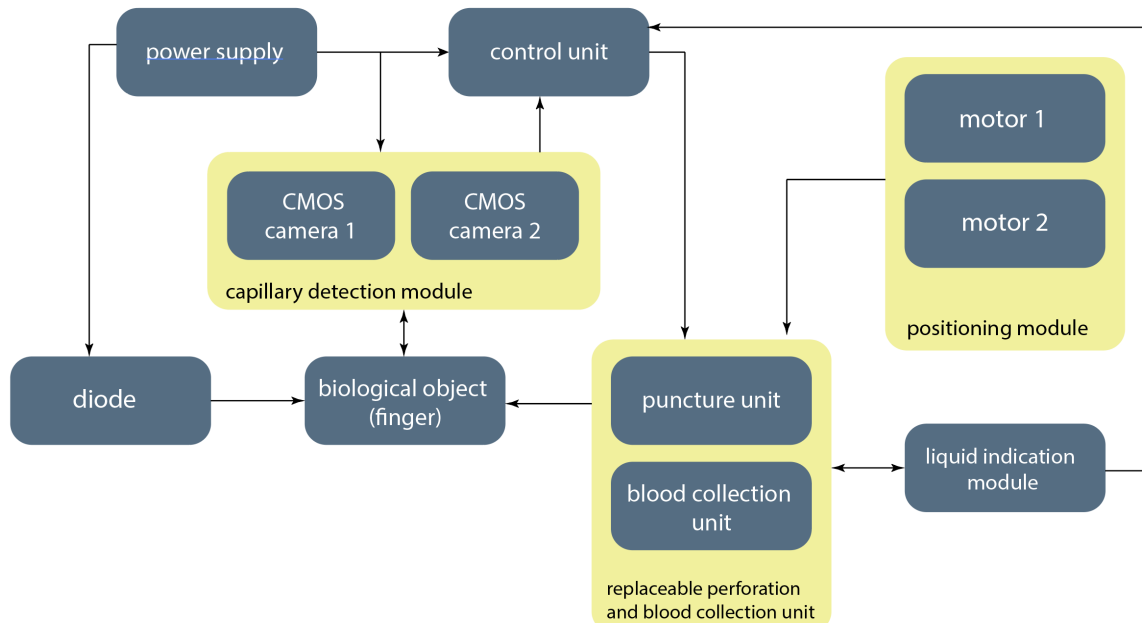


Fig. 3. Structural and functional diagram of the semi-automatic system of perforation of biological tissue and blood collection

Source: developed by the authors

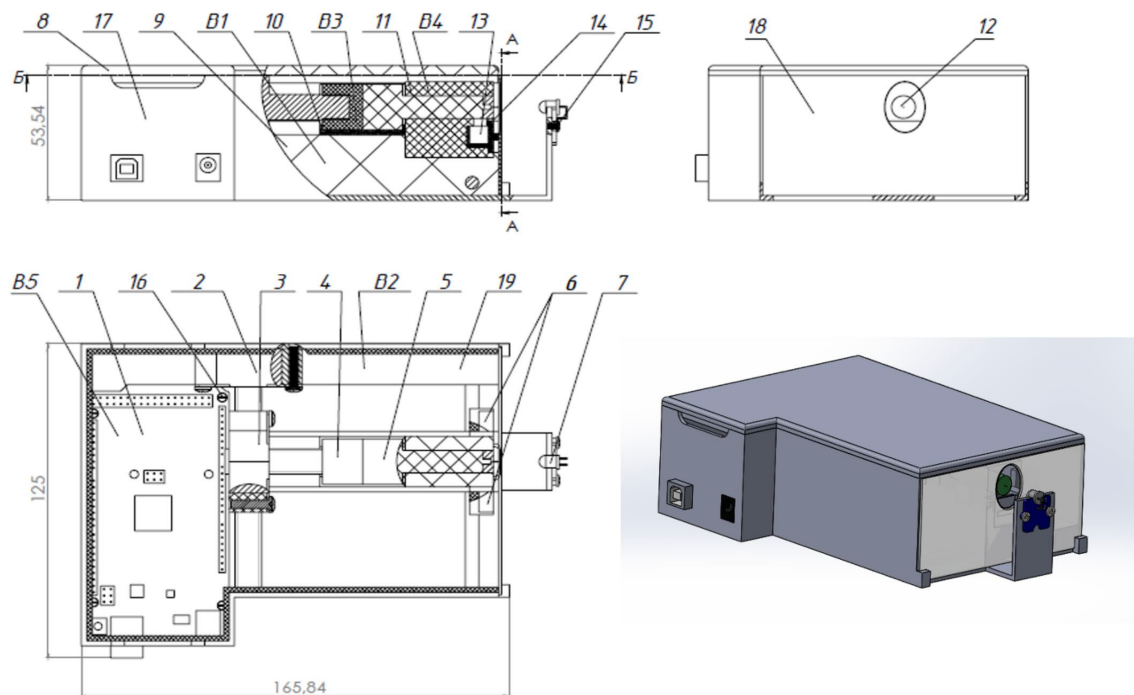


Fig. 4. Module of perforation of skin for blood collection: 1 - microcontroller; 2,3 - motor 1(2); 4 - nut; 5 - the piston; 6 - camera; 7 - NIR LED; 8 - cover; 9 - body; 10 - cassette; 11 - guide; 12 - needle; 13 - test tube; 14 - sealant; 15,16 - screw M2 (M3); 17 - outer case; 18 - protective plate; 19 - stand

Source: developed by the authors



Then the tissue is punctured with the help of a nanoneedle and after the motor reaches the extreme position, the microcontroller sends a signal to reverse (Fig.5).

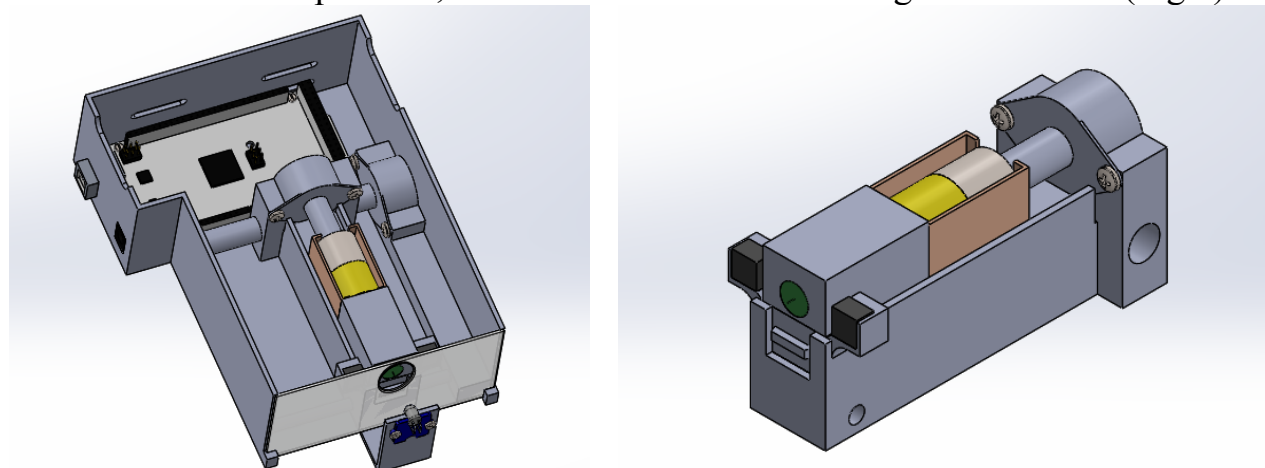


Fig. 5. The replaceable block of perforation

Source: developed by the authors

The needle comes out of the tissue and with the help of the vacuum that arises between the object of blood collection and the attachment of the needle due to the design of the module body, the vessel is filled with blood for further analysis. Sterility of the device is provided by the replaceable block of perforation.

Summary and conclusions

It can be concluded that the development of an automated blood sampling module for an automated biometric system will help to obtain high-quality samples for successful blood testing and reliable and timely diagnosis.

References:

1. Jasna Lenicek Krleza. Capillary blood sampling: national recommendations on behalf of the Croatian Society of Medical Biochemistry and Laboratory Medicine/ Jasna Lenicek Krleza, Adrijana Dorotic // Biochem Med (Zagreb) – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4622200/> - 2015.
2. I.Yakovenko, A. Rudoy and M.Turchyna, "IMPROVEMENT OF THE CREDIBILITY OF ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAMS FOR BIOMETRIC PERSONAL IDENTIFICATION", *Перспективні технології та прилади*, no. 15, pp. 125-130, 2020. doi:10.36910/6775-2313-5352-2019-15-18.
3. I.Yakovenko, V.Martynenko and M.Turchyna,, "BIOMETRICAL IDENTIFICATION ON THE BASIS OF PHOTOPLETHYSMOGRAM FOR AUTOMATED MEDICAL SYSTEMS", *Перспективні технології та прилади*, no. 15, pp. 120-124, 2020. doi:10.36910/6775-2313-5352-2019-15-17.
4. Yakovenko I., & Hreben I. "MODELING AUTOMATED BLOOD COLLECTION SYSTEMS WITH BIOMETRIC IDENTIFICATION." *SWorldJournal* 06-01 (2020): 79-84.
5. І.О. Яковенко, К.П. Вонсевич, І.С. Гребень "Метод виділення ітерацій пульсових хвиль фотоплетизмограми для біометричної ідентифікації", *Наукові вісті КПІ : міжнародний науковотехнічний журнал*, № 3(2020), С. 73–78, 2020. DOI: 10.20535/kpi-sn.2020.3.209881



6. K. Yamakoshi, S. Ishimaru, A. Nakabayashi et al., "Development of a compact device for self-monitoring of venous blood glucose using miniature needle and infra-red CCD monitor," Transactions of the Japanese Society for Medical and Biological Engineering, vol. 42, p. 198, 2003 (Japanese).

7. Nakamachi, E (2010). [IEEE 2010 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2010) - Buenos Aires (2010.08.31-2010.09.4)] 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Development of automatic operated blood sampling system for portable type Self-Monitoring Blood Glucose device. , (), 335–338. doi:10.1109/iembs.2010.5627675

Анотація. У даній статті обґрунтовано аналіз існуючих методів забору крові та розроблена їх класифікація. Запропоновано структурно-функціональну схему пункції біологічної тканини для забору відбитків пальців: яка містить систему пошуку та виявлення судин за допомогою машинного зору та автоматичного підбору необхідного об'єму зразка крові. Розроблено 3D моделі модуля перфорації шкіри для забору крові в автоматизовані біометричні системи.

Ключові слова: капілярна кров, біометрична ідентифікація, біологічна пункція тканин, автоматична система, динамічні методи, автоматичний модуль, забір крові, перфорація, класифікація методів, моделювання.

Article sent: 23.02.2022 p.

© Yakovenko I.O.



UDC 621.316

USE OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE PROBLEMS OF AUTOMATION OF DATA COLLECTION IN INTELLECTUAL POWER SUPPLY SYSTEMS

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ
ЗБОРУ ДАНИХ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Nerubatskyi V. P. / Нерубацький В. П.

s.t.s., as. prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-4309-601X

Plakhtii O. A. / Плахтій О. А.

s.t.s. / к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1535-8991

Hordiienko D. A. / Гордієнко Д. А.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0000-0002-0347-5656

Syniavskyi A. V. / Синявський А. В.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0000-0001-9588-6737

Philipjeva M. V. / Філіп'єва М. В.

postgraduate / аспірантка

ORCID: 0000-0001-6499-7493

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feierbakh sq., 7, 61050

Український державний університет залізничного транспорту,

Харків, пл. Фейєрбаха, 7, 61050

Abstract. An overview of the LoRaWAN network was identified, the advantages and disadvantages of its use were identified. The analysis of technical characteristics of the wireless data transmission system to solve the problem of building intelligent power supply systems is performed. Estimated data on the speed of information transmission of broadband radio signals are given. The form of the linear-frequency modulation signal in the time domain at different spectrum expansion coefficients is given. The complex signal at the output of the Fourier transform unit is calculated according to the LoRa signal receiver scheme carrying the physical layer data block.

Key words: LoRaWAN network, linear frequency modulation, broadband radio signal, power supply system.

Introduction.

The creation of intelligent power supply systems involves the use of intelligent electricity meters that monitor the state of the network, namely the measurement and transmission of both quantitative indicators of electricity and qualitative indicators such as power factor, harmonic composition of currents and voltages in the grid, the share of reactive power [1, 2].

The creation of such intelligent power supply networks makes it possible to provide adaptive solutions in the field of electricity generation from alternative energy sources, as well as the management of active filter-compensating devices. To build such a network, it is necessary to study the possibilities of using different physical data interfaces between measuring devices and the network driver. One of such options is the use of LoRaWAN networks [3, 4]. LoRa (Long Range) technology was developed to adopt and promote the LoRaWAN protocol as a single



standard for low-power global networks [5, 6]. The LoRaWAN network consists of the following elements: application server, network server, gateway and end device (Fig. 1).

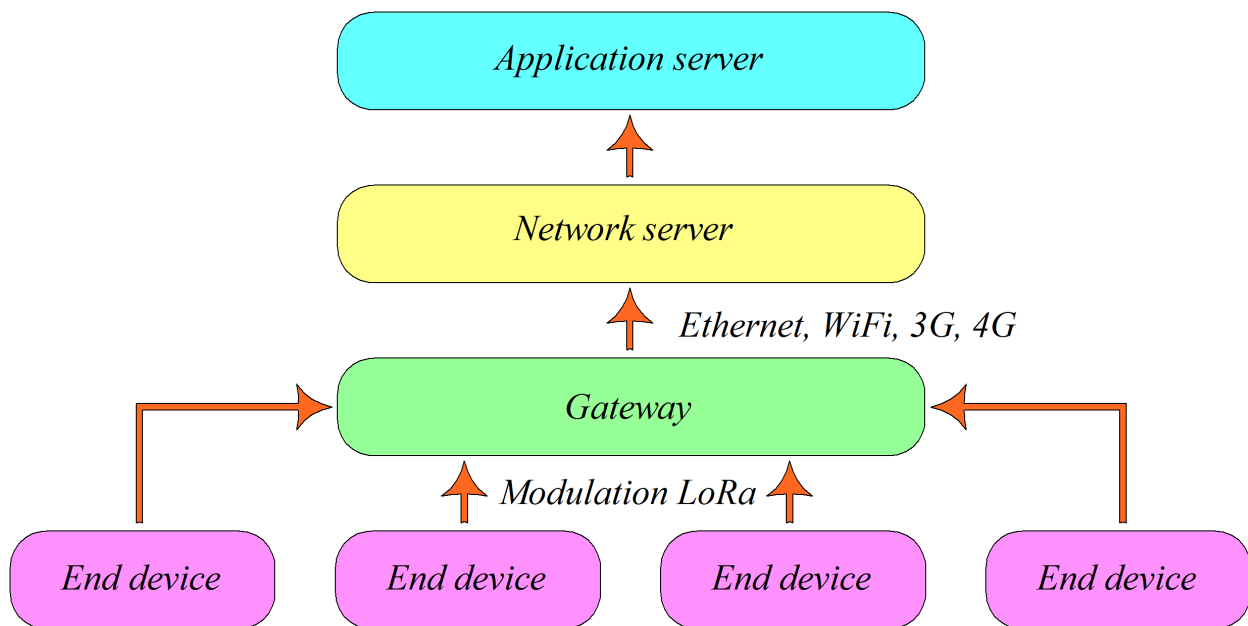


Figure 1 – LoRaWAN network architecture

The LoRaWAN network has a star topology, so end devices communicate with the network's central server through gateways that form transparent bridges. This approach assumes that the gateways and the central server are managed by the network operator and the end devices by the subscribers. Subscribers have the ability to transparent bidirectional and secure data transmission to end devices [7, 8].

The advantages of the LoRaWAN network include:

- long range (up to 10...15 km) signal transmission compared to other wireless technologies used for telemetry;
- low power consumption of end devices, thanks to the minimum energy consumption for the transmission of a small data packet;
- high penetrating power of radio signal in urban development when using sub-GHz frequencies;
- high scalability of the network in large areas;
- no need to obtain a frequency license and a fee for the radio frequency spectrum, due to the use of unlicensed frequencies.

The disadvantages of the LoRaWAN network include:

- relatively low bandwidth, which varies depending on the technology used at the physical level (ranging from several hundred bit/s to several tens of kbit/s);
- delay in data transmission from the sensor to the final application due to the time of radio signal transmission (can range from a few seconds to several tens of seconds);
- lack of a single standard that defines the physical layer and access control for LPWAN wireless networks;
- spectrum noise risks of the unlicensed frequency range.



LoRa is considered a very promising technology, which should become an integral part of the huge market of devices with an industrial base of support [9, 10]. It is believed that LoRaWAN is a technology that complements LTE variations with the intention of serving different application segments [11, 12].

LoRa technology combines the method of LoRa modulation in LPWAN wireless networks and the open LoRaWAN protocol [13, 14].

The key advantages of LoRa technology are:

- possibility of autonomous operation of end devices up to 10 years from one AA battery due to ultra-low power consumption of LoRa modems (in data reception mode – from 9.7 mA, in transmission mode – from 40 mA, in sleep mode – 200 nA);
- high noise immunity due to the possibility of demodulation of signals at the level of ~ 20 dB below the noise level.

LoRa is known as an affiliate-level technology that, using its own extended-spectrum technique, modulates signals in the subGHz ISM band. The applied method of using the technique of radio-modulation Chirp Speed Spectrum (CSS) to propagate a narrowband input signal to a wider bandwidth provides bidirectional communication [15, 16].

Thus, the creation of a data transmission system in intelligent power supply systems with the integration of LoRa technology is an urgent unsolved task.

The purpose of the work is to analyze and study the technical characteristics of the wireless data transmission LoRa technology, which will improve the data transmission system in intelligent power supply systems. To achieve the purpose, the following tasks were set:

- to analyze the technical characteristics of the wireless data transmission system;
- to calculate the speed of information transmission of broadband radio signals.

Main text.

The physical radio interface of LoRa is based on the use of broadband radio signals with base B . This type of radio signal has two main features:

- the spectrum width of the BW radio signal is much greater than the data rate R_b ;
- the correlation function is much narrower than the correlation function of the narrowband radio signal with the base $B \sim 1$.

Frequency redundancy of a broadband radio signal causes its high resistance to interference, and narrow correlation function – high accuracy of time synchronization [17, 18].

Broadband radio signal LoRa is a signal with linear-frequency modulation (LFM) or CSS (Chirp Speed Spectrum). The frequency of the CSS radio signal can both increase (up-chip) and decrease (down-chip). Mathematically, the chirp signal is given as an expression [19, 20]:

$$x(t) = A_0 \cdot \cos\left(\omega_0 \cdot t + \frac{\mu}{2} \cdot t^2\right), \quad (1)$$

where ω_0 – central (carrier) frequency of the radio signal; μ – the rate of change of the frequency of the radio signal.



$$\mu = \frac{BW}{T_{sym}}, \quad (2)$$

where BW – radio signal spectrum width, T_{sym} – radio signal duration.

$$T_{sym} = \frac{2^{SF}}{BW}, \quad (3)$$

where SF – spectrum expansion coefficient.

Spectrum expansion coefficient SF determines the bit size of the data symbol (in bits) transmitted via the radio interface over time T_{sym} .

In the Table 1 shows data on the data rate at a frequency of 125 kHz for different encoding speeds [21, 22], calculated by the expression:

$$R_b = SF \cdot \frac{BW}{2^{SF}}. \quad (4)$$

Table 1 – Calculation data on the speed of information transfer

R_b	SF7	SF8	SF9	SF10	SF11	SF12
$CR = 1$ bit/s (without coding FEC)	6,835.94	3,906.25	2,197.27	1,220.70	671.39	366.21
$CR = 4/5$ bit/s	5,468.75	3,125.00	1,757.81	976.56	537.11	292.97
$CR = 4/6$ bit/s	4,557.29	2,604.17	1,464.84	813.80	447.59	244.14
$CR = 4/7$ bit/s	3,906.25	2,232.14	1,255.58	697.54	383.65	209.26
$CR = 4/8$ bit/s	3,417.97	1,953.13	1,098.63	610.35	335.69	183.11

In Fig. 2 shows the appearance of the linear-frequency modulation in the time domain. In Fig. 3 and Fig. 4 shows the spectrum with $BW = 125$ kHz and a base equal to 128 (spectrum expansion coefficient $SF = 7$) and 4096 (spectrum expansion coefficient $SF = 12$), respectively.

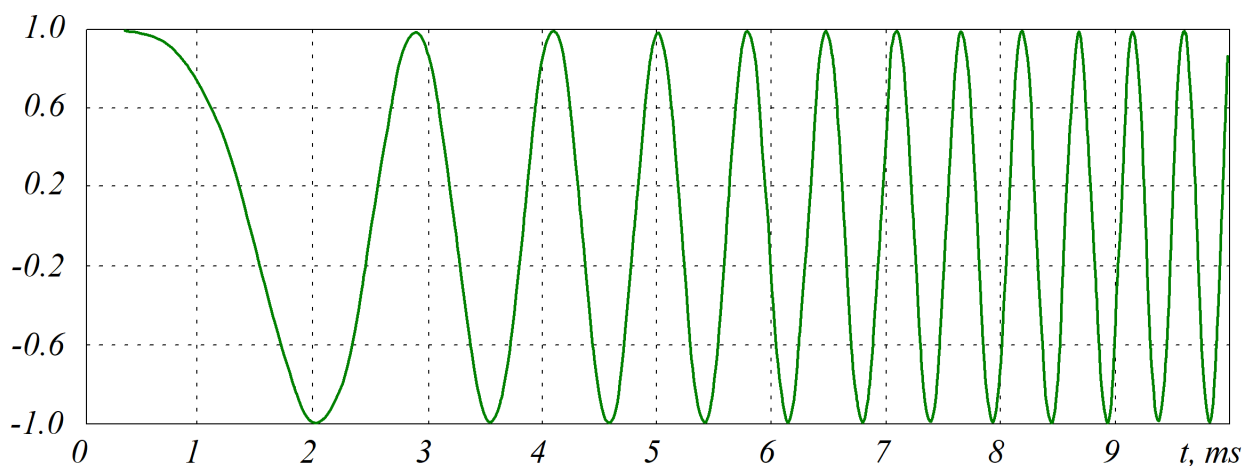


Figure 2 – Linear-frequency modulation signal

LoRa transmitters generate CSS radio signals with a spectrum width (BW) of 125, 250 or 500 kHz. At a fixed width of the spectrum of the BW radio signal, the change of its base is carried out due to the change of the duration T_{sym} and the rate of change of the frequency μ (Fig. 5).

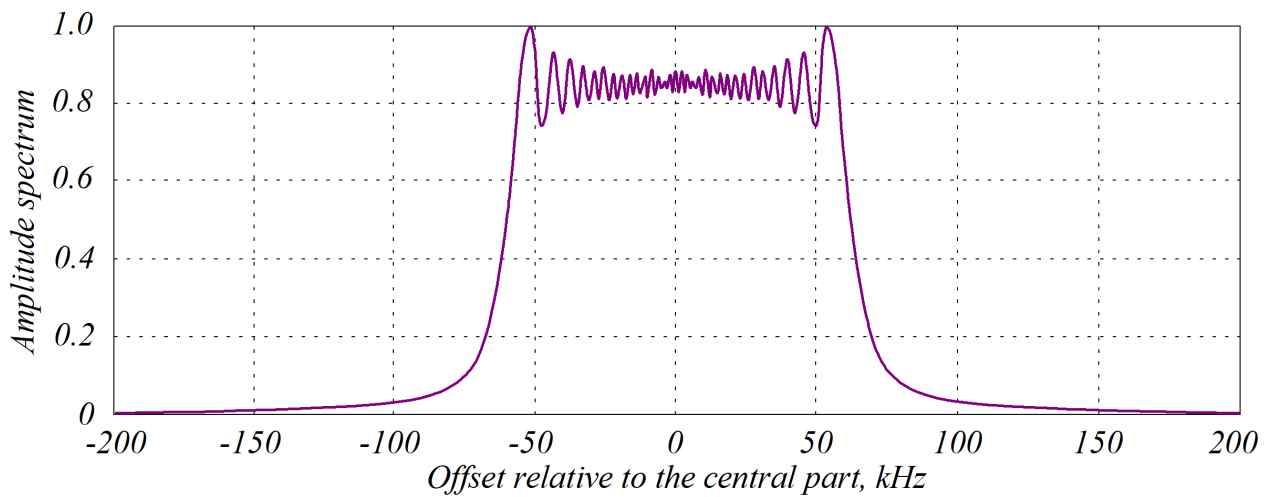
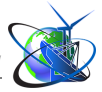


Figure 3 – The spectrum of the linear-frequency modulation signal ($B = 128$)

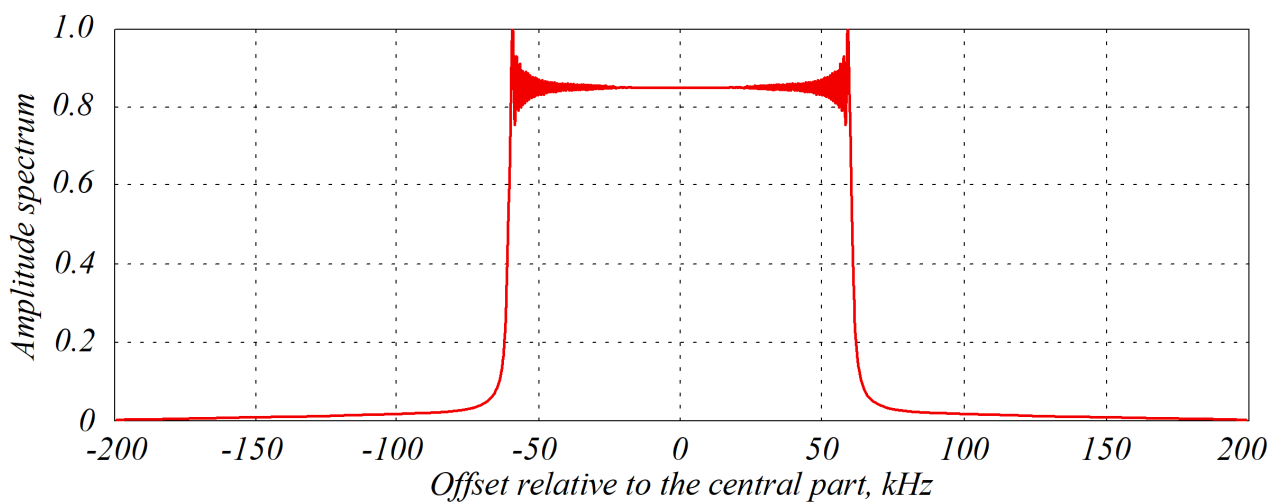


Figure 4 – The spectrum of the linear-frequency modulation signal ($B = 4096$)

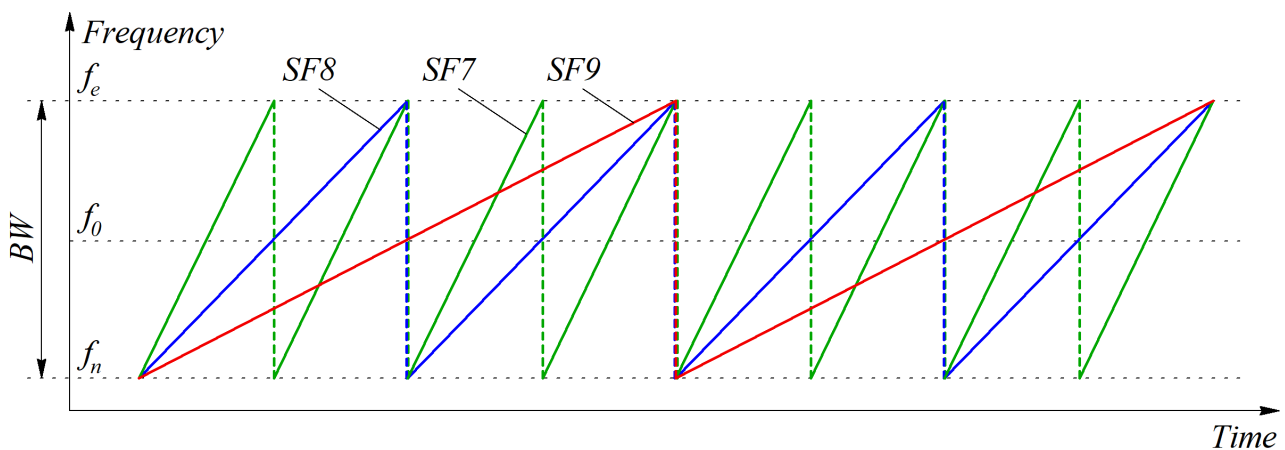
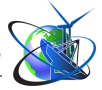


Figure 5 – CSS radio signals

LoRa technology uses an asynchronous receive-transmit mode, in which the transmitter can start generating a radio signal at any time. In this case, you need a mechanism that synchronizes the receiver with the signal from the transmitter. The preamble preceding each session is used as such a mechanism. The preamble includes a sequence of symbols that allows the receiver to detect transmitter activity,



determine the spreading factor (SF) used by the transmitter, and perform symbolic synchronization. The duration of the preamble is a configurable value and should be not less than $T_1 + 2 \cdot T_2$, where T_1 determines the maximum time the receiver is in a state of "sleep", T_2 – determines the search time of the receiver preamble.

After the preamble is completed, the word synchronization (Sync Word) and the physical level data block. The length of the sync word is set from 1 to 8 bytes. The LoRa specification defines a number of Sync Word specific values – 0×34 for public networks, 0×12 – for private networks and $0 \times C194C1$ – for channels with FSK modulation.

In Fig. 6 shows the general structure of the frame, which provides the transmission of one block of data.

The mechanism of operation of the preamble detector is based on the use of a matched filter, the pulse response of which is integrated with the CSS radio signal in the frequency domain and has a mirror image of it in time [23, 24]:

$$h(t) = A_1 \cdot \cos\left(\omega_n \cdot (T_{sym} - t) - \frac{\mu}{2} \cdot (T_{sym} - t)^2\right). \quad (5)$$

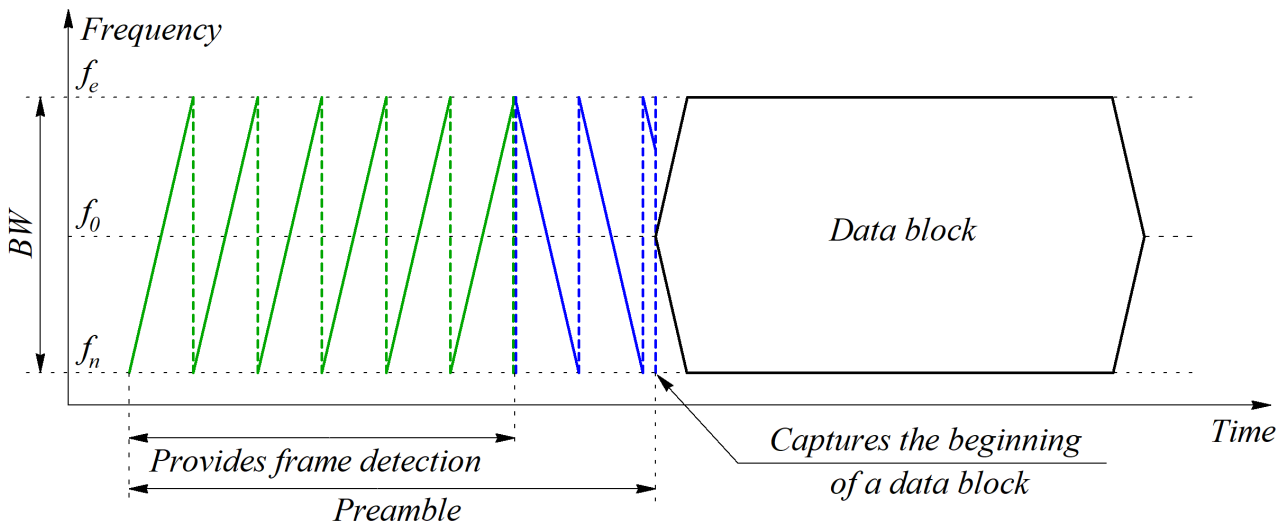


Figure 6 – Structure with transfer of one block of data

The principle of transmission of information symbols of the physical level data unit (PHY DATA UNIT) using the broadband radio signal LoRa is the frequency offset $e^{j \cdot \Delta \omega \cdot k \cdot t}$ relative to the reference linear-frequency modulation radio signal $e^{j(\omega_n \cdot t + \mu \cdot t^2)}$, where $k = 0, 1, 2, \dots, 2^{SF}$ is the information symbol, SF bit size (Fig. 7) [25, 26].

$$x(t) = \begin{cases} A_0 \cdot \cos\left(\omega_n \cdot t + \Delta \omega \cdot k \cdot t + \frac{\mu}{2} \cdot t^2\right), \\ A_0 \cdot \cos\left(\omega_n \cdot t + \Delta \omega \cdot k \cdot t - BW \cdot t + \frac{\mu}{2} \cdot t^2\right). \end{cases} \quad (6)$$

The dependences of the radio signal frequency on the LoRa time of the frame are shown in Fig. 8.

The scheme of the receiver of the LoRa signal, which carries the data block of the physical level, is shown in Fig. 9.

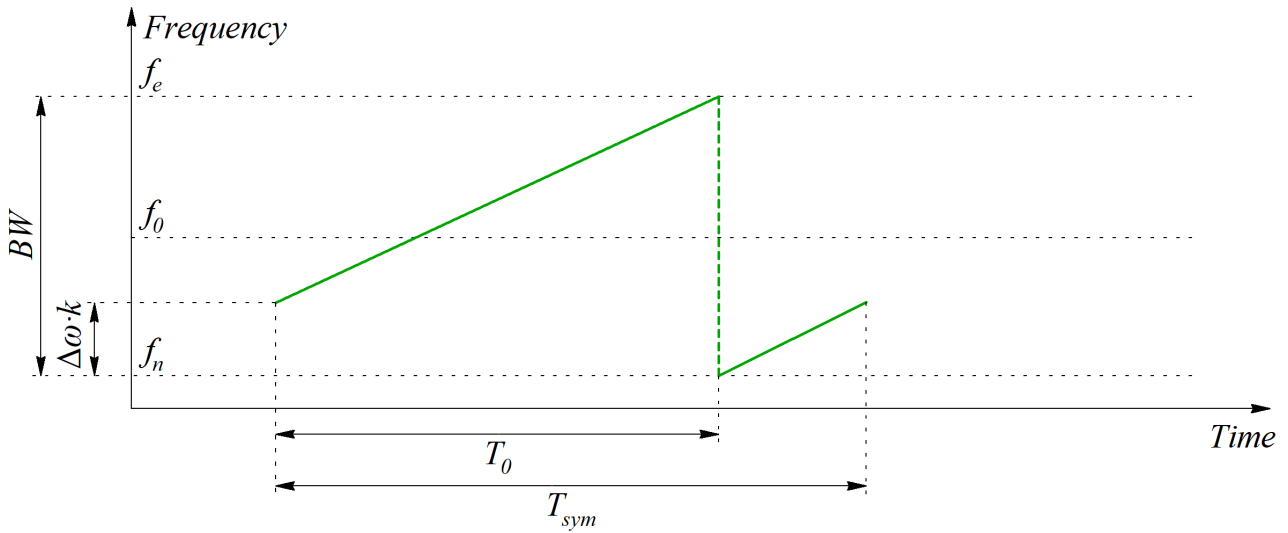


Figure 7 – Transmission of data block information symbols

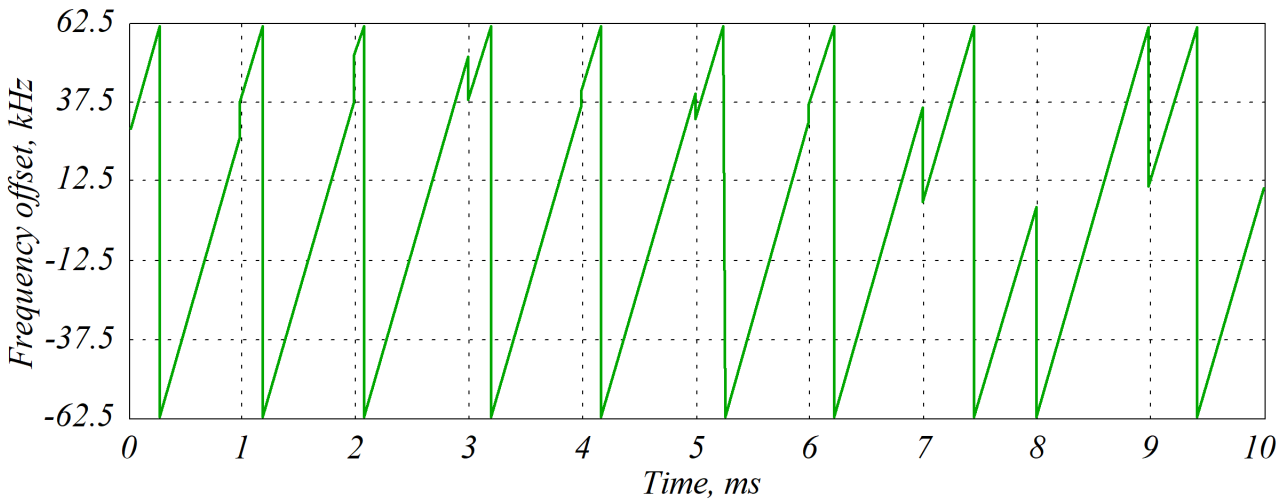


Figure 8 – Modulated signal frequency

According to Fig. 9 reference linear-frequency modulation signal is determined by the expression:

$$c(t) = A_1 \cdot \cos\left(\omega_n \cdot t + \frac{\mu}{2} \cdot t^2\right). \quad (7)$$

The de-chirped signal is determined by the expression [27, 28]:

$$y(t) = \frac{A_0 \cdot A_1}{2} \cdot \begin{cases} \cos(\Delta\omega \cdot k \cdot t) + \cos\left(2 \cdot \omega_n \cdot t + \Delta\omega \cdot k \cdot t + \mu \cdot t^2\right), \\ \cos(BW - \Delta\omega \cdot k \cdot t) + \cos\left(2 \cdot \omega_n \cdot t + \Delta\omega \cdot k \cdot t - BW \cdot t + \mu \cdot t^2\right). \end{cases} \quad (8)$$

The characteristics of the output signal and de-chip signal are shown in Fig. 10 and Fig. 11 respectively.

Rejecting in the expression for $y(t)$ the second terms in curly braces (as high-frequency components) obtain:

$$y(t) = \frac{A_0 \cdot A_1}{2} \cdot \begin{cases} \cos(\Delta\omega \cdot k \cdot t), \\ \cos([BW - \Delta\omega \cdot k] \cdot t). \end{cases} \quad (9)$$

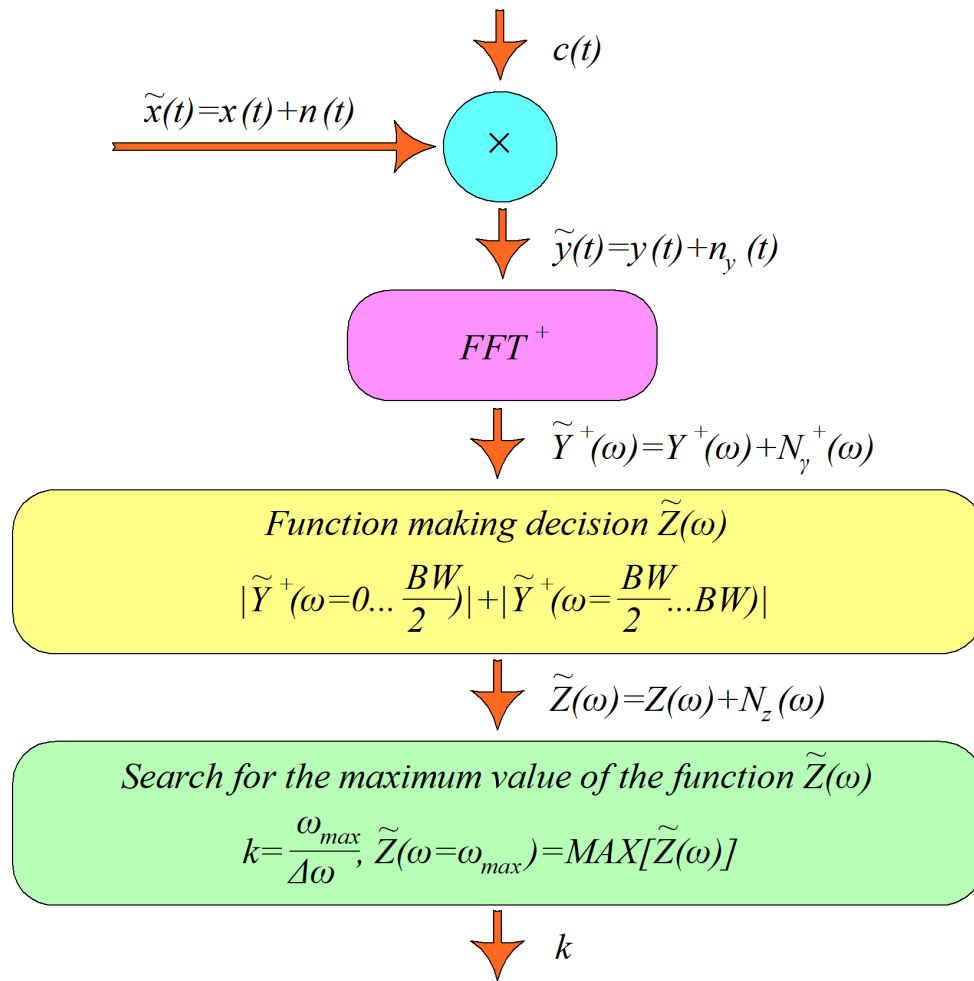


Figure 9 – Scheme of the receiver of the LoRa signal

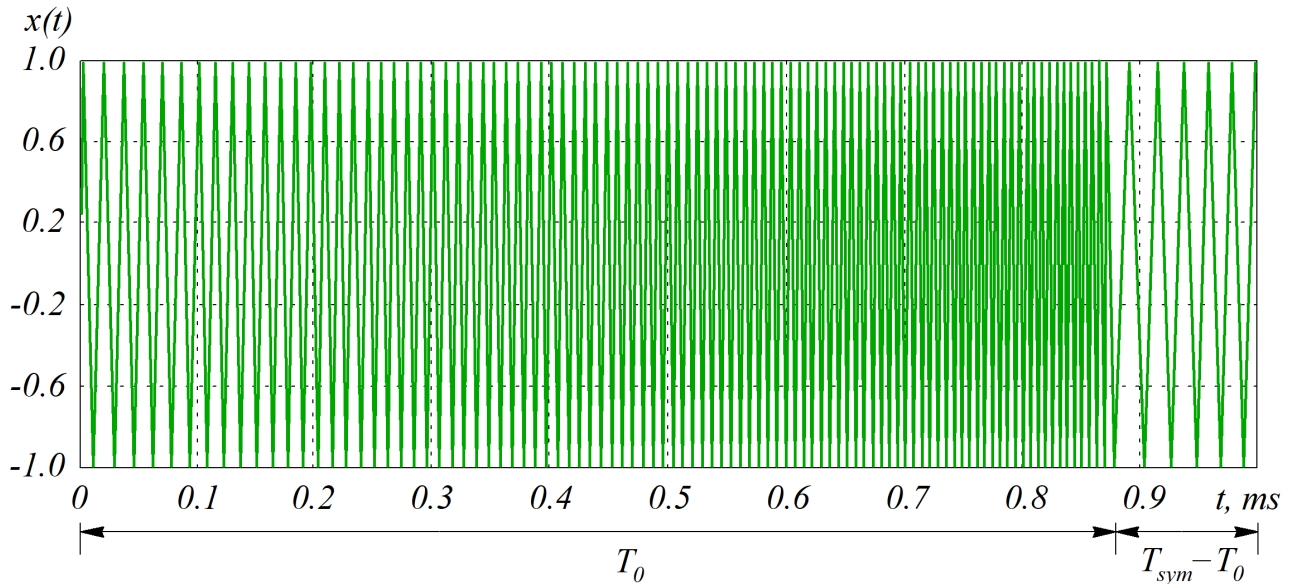


Figure 10 – Characteristic of the output signal

At the output of the Fourier transform unit (FFT^+) obtain a complex signal:

$$Y(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t) \cdot e^{-i\omega t} dt = \frac{A_0 \cdot A_1}{4} \cdot e^{-j(\omega - \Delta\omega k) \frac{T_0}{2}} \cdot T_0 \cdot \frac{\sin\left[(\omega - \Delta\omega k) \cdot \frac{T_0}{2}\right]}{(\omega - \Delta\omega k) \cdot \frac{T_0}{2}} +$$



$$\begin{aligned}
& + \frac{A_0 \cdot A_1}{4} \cdot e^{-j(\omega - (BW - \Delta\omega k)) \cdot \frac{T_0 + T_{sym}}{2}} \cdot (T_{sym} - T_0) \cdot \frac{\sin\left[(\omega - (BW - \Delta\omega k)) \cdot \frac{(T_{sym} - T_0)}{2}\right]}{(\omega - (BW - \Delta\omega k)) \cdot \frac{(T_{sym} - T_0)}{2}} + \\
& + \frac{A_0 \cdot A_1}{4} \cdot e^{-j(\omega + \Delta\omega k) \cdot \frac{T_0}{2}} \cdot T_0 \cdot \frac{\sin\left[(\omega + \Delta\omega k) \cdot \frac{T_0}{2}\right]}{(\omega + \Delta\omega k) \cdot \frac{T_0}{2}} + \\
& + \frac{A_0 \cdot A_1}{4} \cdot e^{-j(\omega + (BW - \Delta\omega k)) \cdot \frac{T_0 + T_{sym}}{2}} \cdot (T_{sym} - T_0) \cdot \frac{\sin\left[(\omega + (BW - \Delta\omega k)) \cdot \frac{(T_{sym} - T_0)}{2}\right]}{(\omega + (BW - \Delta\omega k)) \cdot \frac{(T_{sym} - T_0)}{2}}. \quad (10)
\end{aligned}$$

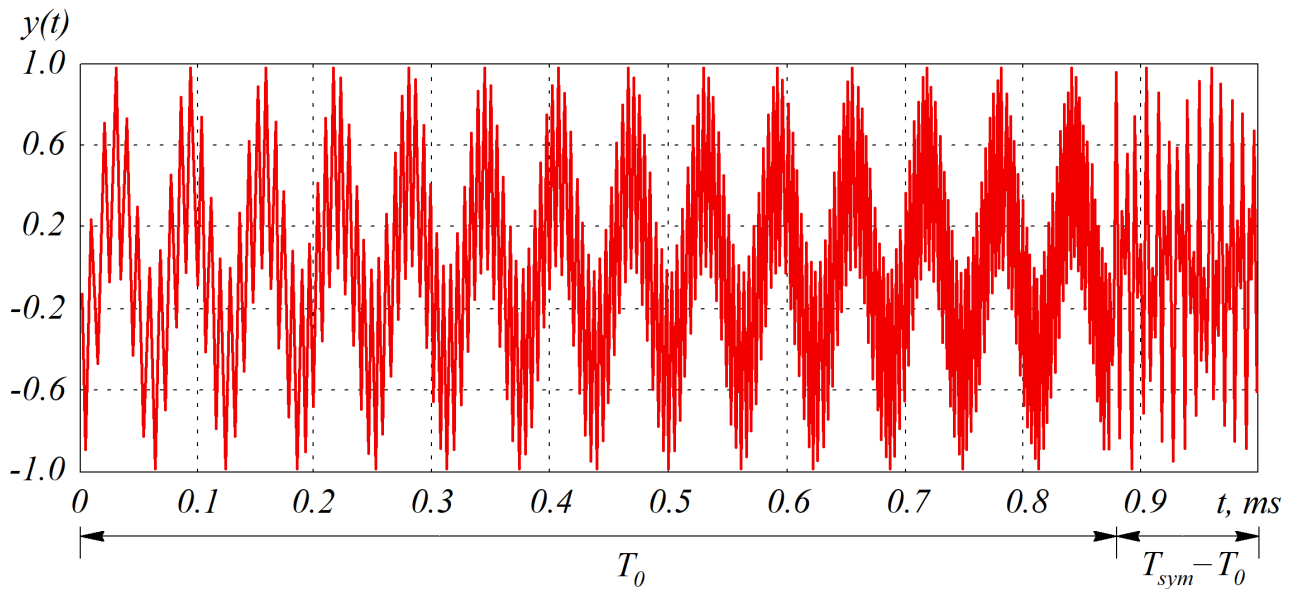


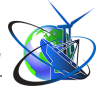
Figure 11 – Characteristic of de-chipped signal

Next, get rid of the last two terms, which have a significant impact in the field of negative frequencies and almost no effect in the field of positive:

$$Y^+(\omega) = Y_1(\omega) + Y_2(\omega); \quad (11)$$

$$Y_1(\omega) = \frac{A_0 \cdot A_1}{4} \cdot e^{-j(\omega - \Delta\omega k) \cdot \frac{T_0}{2}} \cdot T_0 \cdot \frac{\sin\left[(\omega - \Delta\omega k) \cdot \frac{T_0}{2}\right]}{(\omega - \Delta\omega k) \cdot \frac{T_0}{2}}; \quad (12)$$

$$Y_2(\omega) = \frac{A_0 \cdot A_1}{4} \cdot e^{-j(\omega - (BW - \Delta\omega k)) \cdot \frac{T_0 + T_{sym}}{2}} \cdot (T_{sym} - T_0) \cdot \frac{\sin\left[(\omega - (BW - \Delta\omega k)) \cdot \frac{(T_{sym} - T_0)}{2}\right]}{(\omega - (BW - \Delta\omega k)) \cdot \frac{(T_{sym} - T_0)}{2}}. \quad (13)$$



The signal at the output of the FFT unit is shown in Fig. 12.

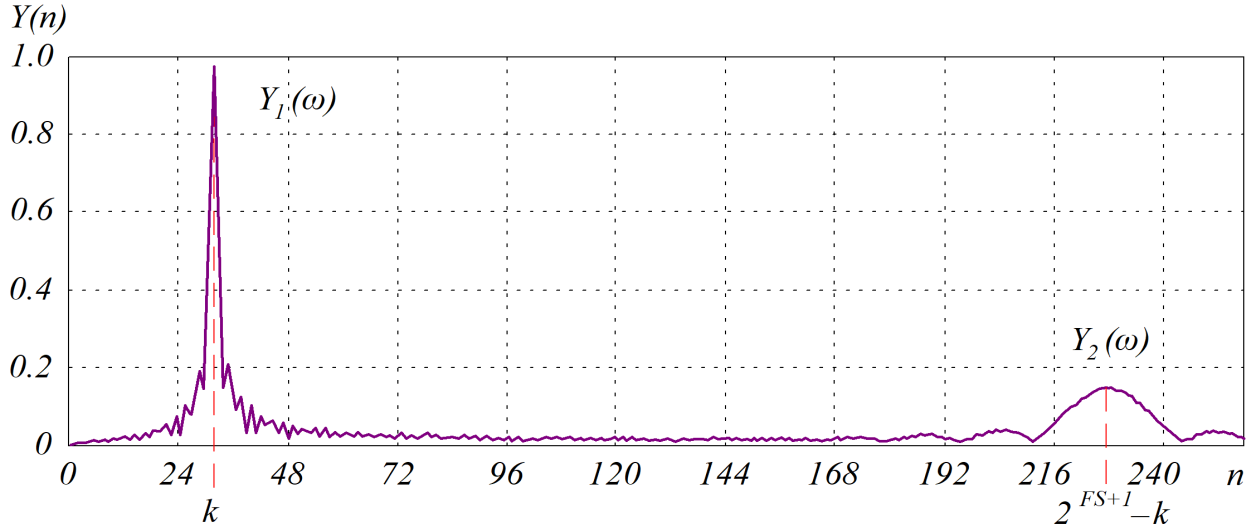


Figure 12 – The signal at the output of the FFT unit

In order to avoid overlapping of two terms $Y^+(\omega)$ at different values of k , an inequality must be satisfied [29, 30]:

$$\Delta\omega < \frac{BW}{2 \cdot k}. \quad (14)$$

Therefore,

$$\Delta\omega < \frac{BW}{2^{SF+1}}; \quad (15)$$

$$T_0 = \frac{(2^{SF+1} - k)}{2^{SF+1}} \cdot T_{sym}. \quad (16)$$

The next step calculates the decision function $Z(\omega)$, which is the sum of the modules of the function $Y_1(\omega)$ and the function $Y_2(\omega)$, mirrored relative to the point $\omega = BW$:

$$Z(\omega) = Y_1(\omega) + Y_2(BW - \omega) \approx Y^+(\omega) + Y^+(BW - \omega), \quad (17)$$

where $\omega = 0 \dots \frac{BW}{2}$.

Finally, determine the value of the information symbol k decoded by the receiver.

To do this, find the frequency ω at which the decision function $Z(\omega)$ acquires the maximum value ($\omega_{\max}$):

$$Z(\omega = \omega_{\max}) = \text{MAX}[Z(\omega)]; \quad (18)$$

$$k = \frac{\omega_{\max}}{\Delta\omega}. \quad (19)$$

In Fig. 13 shows the functions making decisions $Z(n)$ for different values of k .

For the successful operation of any information exchange system requires mutual synchronization of the receiver and transmitter, which allows you to determine the time limits of reception and transmission of the entire data block (or



frame) and single characters.

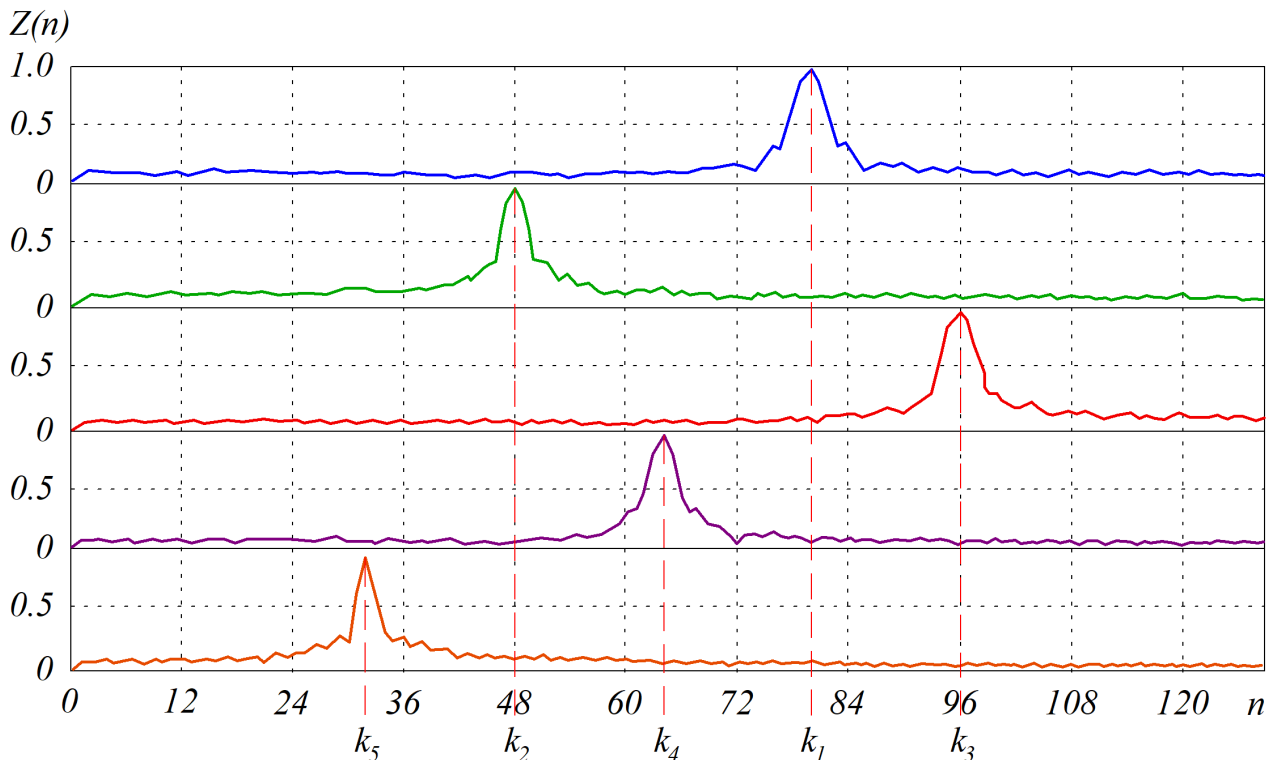


Figure 13 – Function making decision $Z(n)$ for $k_1...k_5$

Summary and conclusions.

Based on the research, the following conclusions can be drawn:

- the analysis of technical characteristics of wireless data transmission system is carried out and it is proved that on the basis of LoRaWAN technology it is possible to create a system of accounting of consumption and analysis of quality of electric energy in intelligent power supply systems;
- the calculation of the data rate of broadband radio signals is given and it is established that for the successful functioning of any information exchange system it is necessary to synchronize the receiver and transmitter in order to determine the time limits of reception and transmission of the whole data block and single symbols.

References:

1. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D. Control and accounting of parameters of electricity consumption in distribution networks. *2021 XXXI International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance (MMA)*. 2021. P. 114–117. DOI: 10.1109/MMA52675.2021.9610907.
2. Raza U., Kulkarni P., Sooriyabandara M. Low power wide area networks: An overview. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2017. Vol. 19, No. 2. P. 855–873.
3. Kumari P., Gupta H. P., Dutta T. A Stackelberg Game based River Water Pollution Monitoring System using LoRa Technology. *2019 16th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON)*. 2019. P. 1–5.



4. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D., Khoruzhevskyi H. Prospects for the development of power electronics by application of technologies for production of power semiconductor switches based on silicon carbide. *International scientific journal «Industry 4.0»*. 2020. Vol. 5, Issue 4. P. 170–173.

5. Rizzi M., Ferrari P., Flammini A., Sisinni E. Evaluation of the IoT LoRaWAN solution for distributed measurement applications. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2017. Vol. 66, No. 12. P. 3340–3349.

6. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Ananieva O., Zinchenko O. Analysis of the Smart Grid concept for DC power supply systems. *International scientific journal «Industry 4.0»*. 2019. Vol. 4, Issue 4. P. 179–182.

7. Biswajit P. An Overview of LoRaWAN. *WSEAS Transactions on Communications*. 2021. Vol. 19. P. 231–239. DOI: 10.37394/23204.2020.19.27.

8. Plakhtii O., Nerubatskyi V., Sushko D., Ryshchenko I., Tsybulnyk V., Hordiienko D. Improving energy characteristics of AC electric rolling stock by using the three-level active four-quadrant rectifiers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 4, No. 8 (100). P. 6–14. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.174112.

9. Ebi C., Schaltegger F., Rust A., Blumensaat F. Synchronous LoRa mesh network to monitor processes in underground infrastructure. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 57663–57677.

10. Yang G., Liang H. A smart wireless paging sensor network for elderly care application using LoRaWAN. *IEEE Sensors Journal*. 2018. Vol. 18, No. 22. P. 9441–9448.

11. Adelantado F., Vilajosana X., Tuset-Peiro P., Martinez B., Melia-Segui J., Watteyne T. Understanding the limits of LoRaWAN. *IEEE Communications Magazine*. 2017. Vol. 55, Issue 9. P. 34–40. DOI: 10.1109/MCOM.2017.1600613.

12. Gupta V., Devar S. K., Kumar N. H., Bagadi K. P. Modelling of IoT Traffic and Its Impact on LoRaWAN. *2017 IEEE Global Communications Conference*. 2017. Vol. 23, No. 5. P. 1–6.

13. Paul B. A Novel Mathematical Model to Evaluate the Impact of Packet Retransmissions in LoRaWAN. *IEEE Sensors Letters*. 2020. Vol. 4, No. 5. P. 8858–8866.

14. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Hordiienko D., Podnebenna S. Synthesis of a regulator recuperation mode a DC electric drive by creating a process of finite duration. *2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*. P. 272–277. DOI: 10.1109/UKRCON53503.2021.9575792.

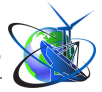
15. Paul B. A novel energy-efficient routing scheme for LoRa networks. *IEEE Sensors Journal*. 2020. Vol. 20, No. 15. P. 1–4.

16. Mikhaylov K., Petajajarvi J., Janhunen J. On LoRaWAN scalability: Empirical evaluation of susceptibility to inter-network interference. *2017 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*. 2017. P. 1–6.

17. Fuidiak R., Mlynek P., Misurec J., Strajt M. Simulated Coverage Estimation of Single Gateway LoRaWAN Network. *2018 25th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*. 2018. P. 1–4. DOI: 10.1109/IWSSIP.2018.8439232.



18. Scherbak Ya., Plakhtii O., Nerubatskyi V., Hordiienko D., Shelest D., Semenenko Yu. Analysis of exact and approximating dependences of the active resistance of conductor on the frequency of current under the action of skin effect. *IEEE EUROCON 2021 – 19th International Conference on Smart Technologies*. P. 438–442. DOI: 10.1109/EUROCON52738.2021.9535581.
19. Reynders B., Wang Q., Tuset-Peiro P., Vilajosana X., Pollin S. Improving Reliability and Scalability of LoRaWANs Through Lightweight Scheduling. *IEEE Internet of Things Journal*. 2018. Vol. 5, No. 3. P. 1830–1842.
20. Nashiruddin M., Winalisa S. Designing LoRaWAN Internet of Things Network for Smart Manufacture in Batam Island. *2020 8th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*. 2020. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICoICT49345.2020.9166426.
21. Fialho V., Fortes F. Battery Lifetime Estimation for LoRaWAN. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2020. Vol. 9. P. 306–310. DOI: 10.35940/ijitee.K7824.0991120.
22. Haxhibeqiri J., De Poorter E., Moerman I., Hoebeke J. A Survey of LoRaWAN for IoT: From Technology to Application. *Sensors*. 2018. Vol. 18, Issue 11. 3995. DOI: 10.3390/s18113995.
23. Nashiruddin M., Hidayati A. Coverage and Capacity Analysis of LoRa WAN Deployment for Massive IoT in Urban and Suburban Scenario. *2019 5th International Conference on Science and Technology (ICST)*. 2019. P. 1–6. DOI: 10.1109/ICST47872.2019.9166450.
24. Matni N., Moraes J., Oliveira H., Rosario D., Cerqueira E. LoRaWAN Gateway Placement Model for Dynamic Internet of Things Scenarios. *Sensors*. 2020. Vol. 20, Issue 15. 4336. DOI: 10.3390/s20154336.
25. Miao Y., Li W., Tian D., Hossain M. S., Alhamid M. F. Narrowband Internet of Things: Simulation and Modeling. *IEEE Internet Of Things Journal*. 2018. Vol. 5, No. 4. P. 2304–2314.
26. Marcelis P., Rao V., Prasad V. DaRe: Data Recovery through Application Layer Coding for LoRaWAN. *Proceedings of the Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation*. 2017. P. 97–108. DOI: 10.1145/3054977.3054978.
27. Li L., Ren J., Zhu Q. On the application of LoRa LPWAN technology in Sailing Monitoring System. *2017 13th Annual Conference on Ondemand Network Systems and Services (WONS)*. 2017. P. 77–80.
28. Zorbas D. Design Considerations for Time-Slotted LoRa(WAN). *International Conference on Embedded Wireless Systems and Networks (EWSN)*. 2020. P. 1–6.
29. Deng T., Zhu J., Nie Z. An improved LoRaWAN protocol based on adaptive duty cycle. *2017 IEEE 3rd Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)*. 2017. P. 1122–1125.
30. Ahsan S., Hassan S., Adeel A., Qureshi H. Improving Channel Utilization of LoRaWAN by using Novel Channel Access Mechanism. *2019 15th International Wireless Communications & Mobile Computing Conference (IWMCC)*. 2019. P. 1656–1661.



Анотація. Проведено огляд мережі LoRaWAN, визначено переваги та недоліки її використання. Виконано аналіз технічних характеристик бездротової системи передачі даних для вирішення задачі побудови інтелектуальних систем електропостачання. Приведено розрахункові дані за швидкістю передачі інформації широкосмугових радіосигналів. Наведено вигляд сигналу лінійно-частотної модуляції в часовій області при різних коефіцієнтах розширення спектру. Відповідно до схеми приймача сигналу LoRa, що переносить блок даних фізичного рівня, розраховано комплексний сигнал на виході блоку перетворення Фур'є.

Ключові слова: мережа LoRaWAN, лінійно-частотна модуляція, широкосмуговий радіосигнал, система електропостачання.

Article sent: 23/02/2022

© Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A.,
Hordiienko D. A., Syniavskyi A. V., Philipjeva M. V.



UDC 628.1:3:532.528

FEATURES OF WASTEWATER TREATMENT IN CAVITATION FLOWS

ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД В КАВІТАЦІЙНІЙ ТЕЧІЇ

Tselen B. Ya. / Целень Б.Я.

c.t.s., leading researcher / к.т.н., пров.н.с.

ORCID: 0000-0001-5213-0219

Radchenko N.L. / Радченко Н.Л.

c.t.s., senior researcher / к.т.н., с.н.с.

ORCID: 0000-0002-5315-1609

Ivanytskyi H.K. / Іваницький Г.К.

d.t.s., leading researcher / д.т.н., пров.н.с.

ORCID: 0000-0002-0486-2359

Pereiaslavl'tsev O.M. / Переяславцев О.М.

c.t.s., senior researcher / к.т.н., с.н.с.

Shchepkin V.I. / Щепкін В.І.

Chief technologist / гол. технолог

Shulyak V.V. / Шуляк В.В.

Chief mechanic / гол. механік

Institute of Engineering Thermophysics, NAS of Ukraine, Kiev, Marii Kapnist, 2a, 03057

Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Марії Капніст, 2а, 03057

Abstract. The article provides a brief overview of the basic principles of wastewater treatment by hydrodynamic cavitation and considers its advantages. In particular, the provision of the necessary degree of purification with minimal energy costs is considered. In addition, the results of theoretical and experimental studies for the development of the technology scheme concept to intensify the process of treatment of dairy industry sewage with the use of hydrodynamic cavitation method are presented. The regularity of change in processing time and influence of cavitation mechanisms on technological parameters of milk whey and wastewater has been established. It is determined that the cavitation method of wastewater treatment can be used as an independent method and combined with other methods.

Key words: scheme of technology, cavitation method of purification, milk whey, wastewater.

Introduction.

In recent years, the requirements for the content of pollutants in production waste have been increasing. In particular, in the wastewater of dairy industry enterprises that fall into treatment systems. These effluents are a complex polydisperse system and belong to the category of highly concentrated (organic pollution) and class IV hazardous substances (little dangerous) [1, 2]. Sewage wastes of the dairy factory consist of industrial waste products – water from rinsing, sludge, permeate, salty milk whey, production and sanitary defect and is cleaned at local treatment plants of the enterprise in accordance with the requirements of regulatory documentation in the field of water supply and sewerage at the enterprise [2–4]. After which they enter water bodies or the city sewerage system.

Research methodology.

This article considers the concept of a scheme technology for the intensification of the wastewater treatment process of the dairy industry using controlled hydrodynamic cavitation. In practice, the phenomenon of hydrodynamic cavitation occurs in hydraulic systems, where the fluid liquid enters to zone of local narrowing



with subsequent expansion, for example, in diaphragms, locking and regulating devices and others. In industrial conditions for obtaining hydrodynamic cavitation, special devices are used – cavitators in the form of impeller or turbines, which turn mechanical energy into hydraulic energy by creating cavitation on vanes. Hydrodynamic cavitation creates strong discrete-impulse dynamic effects on the disperse system that is processed. It also creates a directed effect on micro- and nano-levels on submolecular structures, cells of microorganisms, controls the kinetics of heat transfer and mass transfer processes, the course of chemical and biochemical reactions in solutions. The influence of hydrodynamic cavitation on the intensification of heat transfer and mass transfer processes, the course of chemical and biochemical reactions in heterogeneous systems can be determined using mathematical models of the process of formation and growth with the subsequent evolution of steam and gas bubbles, the dynamics of the bubble ensemble [4–6].

The main criterion of efficiency and practical feasibility of using controlled hydrodynamic cavitation is to increase the productivity of the technological line while reducing energy costs.

Wastewater treatment it carried out at objects of periodic action – devices and ponds. This reduces the quality of the cleaning process, which depends on the possibility of its automation, the controllability of the impact throughout the volume of the object. The use of hydrodynamic cavitation to intensify the process of wastewater treatment in continuous devices will reduce cleaning time, energy costs, reduce production areas, metal consumption, carry out wastewater treatment without the use of chemical reagents or reduce their use.

To develop the scheme of technology (Figure 1), we used a cavitation reactor for grinding fibrous materials [7]. The liquid part of 1 cavitation reactor consists of a impeller (cavitator) planted on the shaft of an electric motor 2 equipped with a frequency converter, a standard confusor, neck (diameter 55 mm, length 67.5 mm) and diffuser.

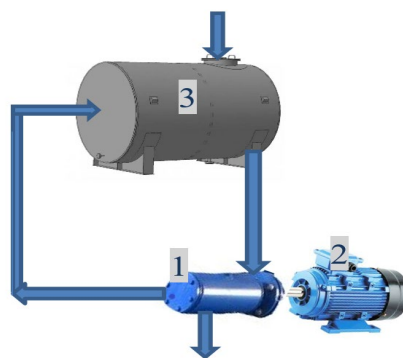


Fig. 1 - Scheme of cavitation reactor

1 – flowing part; 2 – electric motor; 3 – reservoir

According to the results of preliminary studies of the hydrodynamic characteristics of impellers for the technological process of wastewater treatment, an impeller with a diameter of 45 mm selected (the ratio of the impeller diameter to the neck diameter is 0.67). Such parameters provide satisfactory generation of steam and gas bubbles and the ability to adjust their diameter and evolution at a given fluid



speed in the neck of $6.8 \div 8.2$ m/s and pressure in the impeller area of $0.15 \div 0.22$ MPa.

The study carried out with the duration of processing 90 s and different values of the number of cavitation – 1.8; 0.6 and 0.3 on two liquids. The first is milk whey (is one of the largest pollutants of wastewater – 1 ton of milk whey pollutes the reservoir as 100 m^3 of household effluent [1]) with chemical oxygen consumption indicators of 75 mg/l and biological oxygen consumption 53 mg/l. The second – wastewater of the dairy plant (without domestic, rain and drain drains) with chemical oxygen consumption indicators of 1440 mg/l and biological oxygen consumption 1200 mg/l. Experiments were carried out at a liquid temperature of 20°C . The study used standard and special methods [8, 9] to assess the technological parameters of milk whey and wastewater. The results of experimental studies were process by methods of mathematical statistics [10].

During the study, the influence of processing time in cavitation conditions on the dispersion of the fatty phase of milk whey with a fat content of 0.2%, the effect of purification of milk whey by fat, suspended substances, chemical oxygen consumption and biological oxygen consumption studied.

It is known [6] that the dispersion of the fat phase occurs during the first seconds of processing, after which the balance between the processes of dispersion and coalescence is established.

Analysis of the obtained fractional distribution of the size (diameter) of fat drops of milk whey (Figure 2) shows that with a processing time of 90 s and the number of cavitation 0.3, the average diameter of fat drops is 2.6 microns. At the same time, the vast majority are fat drops with a diameter of less than 2 microns.

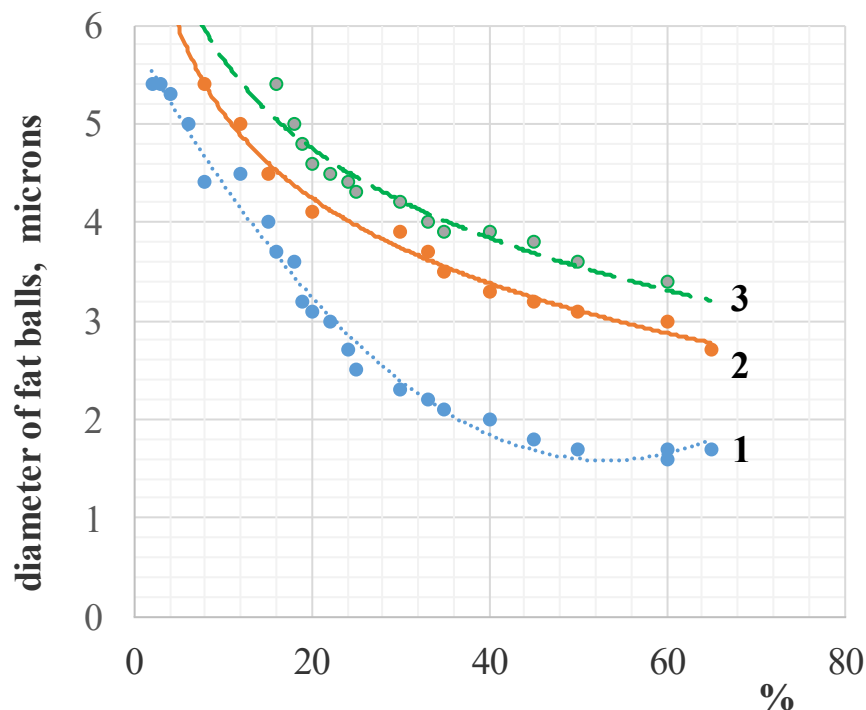


Fig. 2 – Fractional distribution of the size (diameter) of fat drops of milk whey after 90 s of cavitation treatment at different values of the number of cavitation:

$1 - \sigma = 0.3$; $2 - \sigma = 0.6$; $3 - \sigma = 1.8$



Figure 3 shown the results of the study of the effect of cavitation treatment duration (at the value of the number of cavitation 0.3) on the effect of purification of milk whey by fats, on suspended substances, chemical oxygen consumption and biological oxygen consumption. It is established that with an increased duration of processing, the concentration of fat decreases by 22%, suspended substances by 15÷18%, chemical oxygen consumption by 8÷10% and biological oxygen consumption by 3÷5%.

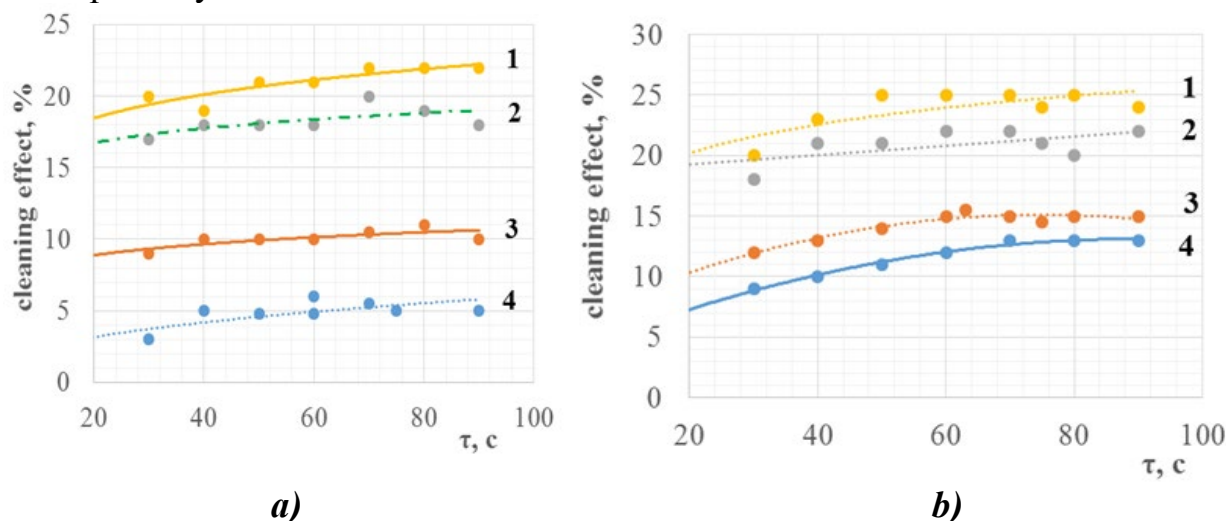


Fig. 3 – Dependence of the effect of purification from the duration of cavitation treatment a - milk whey; b - sewage:
 1 – of fats; 2 – in suspended substances; 3 – by chemical oxygen consumption;
 4 – by biological oxygen consumption

Figure 3b shows the results of the study with similar treatment parameters for the effect of wastewater treatment of fats, suspended substances, chemical oxygen consumption and biological oxygen consumption.

From the resulting dependence, it can be seen that with a duration of cavitation treatment of 60÷90 s with a cavitation number of 0.6÷0.3, the concentration of fat decreases by 20÷25%, suspended substances by 22%, chemical oxygen consumption 12÷15%, biological oxygen consumption by 9÷12%.

Conclusions.

The results of conducted experimental studies on the study of regularities of purification of milk whey, sewage in cavitation flow show that the effect of purification during cavitation can be, achieved in a short time than in turbulent stirring. The above results of the study and methodology can be considered as the basis for further study of the cavitation method of wastewater treatment, which can potentially be used as an independent method and in combination with other methods of purification.

References:

1. Tehnologiya povodgennya z vidhodamy harchovyh vyrobnyctv. / V. Krusir. – Odesa. Astropynt. 2014. – 400p.
2. Klasyfikator vidhodiv DK 005-96 zatverdgenyy nakazom Dergavnogo komitetu Ukrayiny po standartyzatsii, metrologii ta sertyficaciyi. № 89.



<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text>

3. Постанова Кабінету Міністрів України Про затвердження Порядку розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти та перелік забруднюючих речовин, скидання яких у водні об'єкти нормується від 09.11.96 № 1100 // Гурнал головного інженера. – 2021. – №2.

4. Nakaz Ministerstva regionalnogo rozvytku budivnytstva ta gytlovo-komunalnogo gospodarstva Ukrainy vid 01.12.2017 №316, yakym zatverdzeni Pravyla pryjmannya stichnykh vod do systemy centralizovanogo vodovidvedennya ta Poryadok vyznachennya rozmiru platy, yaka spravlyaetsya za ponadnormove skydannya stichnykh vod do system centralizovanogo vodovidvedennya / dali – Nakaz №316 // Gurnal golovnoho ingenera. – 2021. – №2.

5. Dolynskiy A.A. Teoreticheskoe obosnovaniye pryncypa DIVE. Model dynamiky odynochnogo parovogo puzyrka./ Dolynskiy A.A., Ivanickiy G.K.// Promyshlennaya teplotehnyka. – 1995. – 17. №5. – P.3-29.

6. Shurchkova Yu.A. Razrabotka novogo sposoba dyspergyrovaniya v gydkoy srede i sozdaniye na ego osnove tehnologicheskyyh processov I oborudovaniya dlya pyschevoy promyshlennosti: dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.18.12 / Shurchkova Yu.A. – K. – 1994. – 52 p.

7. Ivchenko V.M., Nemchin A.F. Kavitacionnyu reactor dlya razmola voloknystykh materiyalov. Avt.sv. №467159, opubl. 1975, №14.

8. KND 211.1.4.021-95. Metodyka vyznachennya himichnogo spogyvannya kysnyu (HSK) v poverhnevyyh i stichnykh vodah.

9. KND 211.1.4.024-95. Metodyka vyznachennya biohimichnogo spogyvannya kysnyu pislya n dniv (BSK) v pryrodnykh i stichnykh vodah.

10. <http://statsoft.ru/>: «Planyrovanye eksperymenta».

Анотація. В статті наведено короткий огляд основних принципів обробки стічних вод методом гідродинамічної кавітації та розглянуто її переваги, зокрема, забезпечення заданого ступеню очистки при мінімальних енергетичних затратах. Також в роботі наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень з розробки концепції схеми технології для інтенсифікації процесу очищення відходів виробництва стічних вод молочної промисловості з застосуванням методу гідродинамічної кавітації. Встановлена закономірність, зміни часу обробки та впливу кавітаційних механізмів на технологічні параметри сироватки молока та стічні води. Визначено, що кавітаційний метод очищення стічних вод можна використовувати як самостійний метод так і в поєднанні з іншими методами.

Ключові слова: схема технології, кавітаційний метод очищення, сироватка молока, стічні води.

Article sent: 18.02.2022.

Tselen B. Ya.



УДК 621.357.035.4

ANALYSIS OF THE SOURCES OF FORMATION OF THE WASTE ELECTROLYTES OF THE ELECTROLYTE PRODUCTION AND METHODS OF THEIR PROCESSING

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ОБРАЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА И СПОСОБОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

Zalyhina V.S. / Залыгина О.С.*Ph.D., associate professor / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-2626-3242

*Belarusian State Technological University, Sverdlova st., 13a, 220006**Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006***Zhuravska N.E. / Журавская Н.Е.***Ph.D., associate professor / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-4657-0493

*Kyiv National University of Construction and Architecture, 31 Povitroflotsky Ave., 03037**Киевский национальный университет строительства и архитектуры,**пр. Воздухофлотский, 31, 03037***Cheprasova V.I. / Чепрасова В.И.***Ph.D., Senior Researcher / к.т.н., ст.науч.сотр.*

ORCID: 0000-0001-7630-6995

*Belarusian State Technological University, Sverdlova st., 13a, 220006**Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220006*

Аннотация. В работе проведен анализ источников образования отработанных электролитов гальванического производства. Показана необходимость отдельного отведения промывных сточных вод и отработанных электролитов с их последующей переработкой. Представлены возможные варианты переработки отработанных электролитов. Предложена принципиальная технологическая схема переработки отработанных электролитов цинкования с получением пигментов. Установлено, что пигменты, полученные из отработанных электролитов цинкования, по своим свойствам (массовая доля основного компонента, массовая доля водорастворимых веществ, белизна, остаток после просеивания на сите № 0056) не уступают производим в настоящее время на мировом рынке белым пигментам на основе фосфата цинка.

Результаты проведенных исследований позволяют расширить сырьевую базу для производства пигментов, а также решить проблему переработки отработанных электролитов гальванического производства.

Ключевые слова: гальваническое производство, цинкование, отработанный электролит, переработка, пигмент, фосфат цинка.

Вступление.

Гальванические покрытия нашли широкое применение в различных отраслях промышленности: автомобильном и сельскохозяйственном машиностроении, авиационно-космической промышленности, приборо- и судостроении, металлообработке, медицинской промышленности и др. Номенклатура наносимых покрытий зависит от целевого назначения изделий. В целом по видам покрытий объем производства распределяется в процентном соотношении следующим образом: цинкование – 40...50 %, никелирование – 8...10 %, меднение – 7...8 %, хромирование – 7...8 %, кадмирование – 4...5 %, лужение – 3...4 % и другие – 15...33 % [1].



Одной из актуальных проблем гальванического производства является поступление в окружающую среду соединений тяжелых металлов в результате его функционирования [2, 3]. Согласно шкале стресс-факторов по воздействию на человеческий организм ионы тяжелых металлов находятся на первом месте (136 баллов), значительно опережая разливы нефти (72 балла), химические удобрения (63 балла) и радиоактивные отходы (40 баллов) [4].

Наибольшее воздействие гальваническое производство оказывает на гидросферу вследствие большого количества сточных вод, первое место среди которых по объему образования занимают промывные сточные воды. Они образуются при многочисленных операциях промывки деталей между стадиями технологического процесса и характеризуются относительно небольшой концентрацией ионов тяжелых металлов (максимально до 5 г/дм³, обычно 0,1...1 г/дм³) [3], но значительными объемами. В состав промывных сточных вод входят свободные минеральные кислоты, щелочи, соли цинка, никеля, меди, кадмия и других металлов в зависимости от вида наносимого покрытия.

Для очистки промывных сточных вод гальванического производства разработано большое число методов: химический (реагентный) метод, гальванокоагуляция, электрокоагуляция, сорбция, ионный обмен, электродиализ, обратный осмос, ультрафильтрация, мембранный метод и др. В рамках Государственной программы научных исследований «Механика, техническая диагностика, металлургия», подпрограммы «Гальванические технологии и оборудования» [5], на кафедре промышленной экологии Белорусского государственного технологического университета было проведено обследование оборудования и технологий очистки сточных вод гальванических цехов (участков) белорусских предприятий. Было установлено, что на всех предприятиях используются такие методы очистки, как реагентный, электрокоагуляция и гальванокоагуляция. Их общим недостатком является образование большого количества осадков сточных вод. Также в последнее время в Республике Беларусь получает распространение способ статической гальванокоагуляции, совмещенной с электроионной сепарацией. В частности, такой способ разработан ООО «Электротекс» (г. Минск) и внедрен для очистки сточных вод гальванического производства на ОАО «Минский завод «ТЕРМОПЛАСТ», УП «ЭлКис» ООО «БелТИЗ» (г. Пинск), ОАО «Борисовский завод агрегатов», ОАО «Гродненский завод торгового машиностроения». На некоторых предприятиях для доочистки промывных сточных вод гальванического производства используются сорбционные методы.

Также в рамках выполнения вышеназванной программы было установлено, что в большинстве случаев вместе с промывными сточными водами на очистные сооружения поступают отработанные электролиты, концентрация ионов тяжелых металлов в которых в 50...100 раз выше [5] и составляет 100...150 г/дм³ [6, 7]. Однако, вследствие их малого объема и периодичности образования, отработанным электролитам гальванического производства в настоящее время не уделяется должного внимания. Вместе с тем, хотя объем сбрасываемых отработанных электролитов составляет всего 2...3 % от общего количества сточных вод гальванического производства,



именно с ними на очистные сооружения поступает от 40...70 % загрязняющих веществ [8].

При грамотной эксплуатации электролит может служить достаточно длительное время. Основной причиной потери его работоспособности является загрязнение вредными примесями (ионами металлов, прежде всего, железа, органическими соединениями, продуктами разложения блескообразователей, смачивателей и др.), которые попадают в ванну вследствие химического взаимодействия электролита с обрабатываемыми изделиями либо в результате поступления их из предшествующих ванн. С целью восстановления работоспособности электролиты подвергаются регенерации. Реализация этого процесса, как правило, осуществляется путем создания непрерывно функционирующего замкнутого контура «технологическая ванна – регенерационная установка». Количество циклов регенерации велико, однако ограничено вследствие накопления примесей, удаление которых не представляется возможным. Замена электролитов на различных предприятиях происходит с различной периодичностью – от одного раза в неделю до одного раза в несколько лет [5]. Замену электролитов осуществляют также в случае изменения их состава, например, при смене номенклатуры выпускаемых изделий, при переходе на новые блескообразователи и т.д.

Высококонцентрированные сточные воды периодически образуются в ваннах улавливания (ваннах непроточной промывки). Ванна улавливания используется для снижения выноса компонентов электролита в промывные сточные воды, а также для восстановления объема электролита вследствие испарения при нагреве ванны. Содержание компонентов в растворах ванн улавливания пропорционально их содержанию в электролите и при достаточно длительной работе достигает от 30 % [6] до 50 % [9] от концентрации в рабочем электролите. При достижении этих значений производят замену загрязненной воды в ваннах непроточной промывки, что приводит к образованию концентрированных отработанных растворов, близких по составу к отработанным электролитам, которые в дальнейшем в данной работе также будут рассматриваться как отработанные электролиты.

Кроме этого, отработанные электролиты образуются при проведении плановых ремонтов оборудования (например, при сливе кубового остатка кассетных фильтров, используемых в системе регенерации электролитов).

Таким образом, источниками образования отработанных электролитов являются непосредственно ванны нанесения гальванических покрытий, ванны улавливания, а также системы регенерации электролитов при их ремонте.

Проблема образования отработанных электролитов особенно актуальна для крупных предприятий (ОАО «Минский автомобильный завод, ОАО «Минский тракторный завод», ОАО «БЕЛАЗ», ОАО «Белорусский металлургический завод», ОАО «АМКОДОР» и др.), поскольку при больших объемах производства их количество возрастает вследствие увеличения скорости их загрязнения.

В настоящее время на различных предприятиях отработанные электролиты относят либо к сточным водам, либо к жидким отходам. Это связано с тем, что



в действующем законодательстве отсутствует четкое разграничение между понятиями «концентрированные сточные воды» и «жидкие отходы». Поэтому на многих предприятиях отработанные электролиты рассматриваются как сточные воды и сбрасываются на очистные сооружения совместно с промывными сточными водами. Это затрудняет работу очистных сооружений вследствие периодического повышения концентрации загрязняющих веществ в сточной воде либо требует значительного количества чистой воды для предварительного разбавления концентрированных отработанных электролитов. Кроме этого, с отработанными электролитами теряются ценные дефицитные металлы, а также увеличивается количество осадка сточных вод, образующегося при химическом (реагентном), электрокоагуляционном и гальванокоагуляционном методах очистки, которые используются на большинстве предприятий.

В соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь [10], отработанные растворы электролитов являются отходами производства. Проведенный анализ статистической отчетности промышленных предприятий показал, что в Республике Беларусь только 26 предприятий (из более 140) инвентаризируют отработанные электролиты в качестве отходов производства. Класс опасности отработанных электролитов не установлен, что косвенно свидетельствует о том, что данным отходам не уделяется достаточно внимания [10].

В случае отнесения отработанных электролитов к жидким отходам встает вопрос о правомерности сброса их на очистные сооружения и далее в канализационные сети. На предприятиях сброс отработанных электролитов на очистные сооружения рассматривают как обезвреживание отходов, под которым в соответствии с законом Республики Беларусь «Об обращении с отходами» понимают деятельность, направленную на обработку, сжигание или уничтожение отходов иным способом, в т. ч. приводящую к уменьшению объемов отходов и (или) ликвидации их опасных свойств (за исключением деятельности по захоронению отходов), не связанную с их использованием. Однако, согласно законодательству, об обращении с отходами обезвреживание отходов должно осуществляться исключительно на объектах обезвреживания отходов, которые подлежат обязательной государственной регистрации.

По состоянию на начало 2022 года в Реестре объектов обезвреживания отходов и Реестре объектов использования отходов отсутствуют объекты обезвреживания и использования отработанных электролитов.

Таким образом, отработанные электролиты, характеризующиеся высокими концентрациями ионов тяжелых металлов ($100 \dots 150$ г/дм³), либо сбрасываются на очистные сооружения совместно с промывными сточными водами, либо, реже, отводятся отдельным потоком с последующим обезвреживанием. В обоих случаях происходит образование осадка, который в большинстве случаев хранится на территории предприятия и с которым теряются ценные дефицитные металлы. Поэтому такой способ обращения с отработанными электролитами гальванического производства является временным и вынужденным, и следует искать способы переработки отработанных



электролитов, которые необходимо рассматривать как вторичный материальный ресурс.

В настоящее время наиболее распространенными покрытиями являются цинковые. Для их нанесения используются различные типы электролитов, из которых наибольшее распространение получили хлоридно-аммонийные [11].

В настоящее время существует незначительное количество работ, посвященных переработке отработанных электролитов, в том числе отработанных электролитов цинкования.

В ряде работ предлагается извлекать цинк из отработанных электролитов цинкования [12–14] и растворов ванн улавливания [9, 15] методом электролиза. Показано, что цинк осаждается в виде мелкокристаллического, компактного, плотносцепленного с поверхностью осадка, степень извлечения которого составляет порядка 95 % [12].

Ряд работ по переработке отработанных электролитов гальванического производства посвящен получению на их основе соединений, которые предлагается использовать для приготовления электролитов гальванического производства, для защиты древесины от гниения, в качестве микроудобрения в сельском хозяйстве, в качестве микроэлементной добавки к кормам животных, для получения различных соединений цинка [16, 17].

В некоторых работах описываются способы переработки отработанных электролитов цинкования с образованием малорастворимых соединений, которые могут быть использованы в качестве основы для получения пигментов.

Так, в [18, 19] предлагается перерабатывать отработанный электролит цинкования с получением оксалата цинка с использованием в качестве осадителя щавелевой кислоты, оксалатов калия, натрия, аммония или их водных растворов. Авторами заявлена возможность применения полученного оксалата цинка в качестве пигмента, однако не приводятся пигментные свойства, подтверждающие это. Недостатками этого способа также являются длительность процесса (до 3 суток) и выброс ацетона на стадии промывки осадка.

В [20] предлагается получать пигментные пасты из отработанных электролитов цинкования. Электролит цинкования обрабатывают раствором обезжиривания, основными компонентами которого являются фосфат натрия Na_3PO_4 , карбонат натрия Na_2CO_3 , гидроксид натрия NaOH , омыленные жиры и другие примеси. Процесс обработки проводили при $\text{pH}=6,5\ldots 8,0$ и стехиометрическом соотношении фосфат-ионов и ионов цинка или никеля. Полученный осадок после промывки авторы предлагают использовать в качестве пигментной пасты белого цвета.

Высокая концентрация ионов цинка в отработанных электролитах цинкования позволяет предположить перспективность их использования для производства пигментов.

Учитывая, что в Республике Беларусь отсутствует производство пигментов и промышленность страны полностью работает на привозных пигментах, для уменьшения объема их импорта, а также для снижения воздействия гальванического производства на окружающую среду актуальным становится



получение пигментов на основе отходов производства, в частности, из отработанных электролитов гальванического производства.

Нами были исследованы отработанные электролиты цинкования (ОЭЦ) ряда белорусских предприятий и установлены условия наиболее полного извлечения ионов цинка из них [21, 22]. На основании проведенных исследований была предложена технологическая схема получения белых цинксодержащих пигментов (рисунок).

Схема переработки ОЭЦ включает в себя следующие стадии: сбор, усреднение и контроль состава ОЭЦ; фильтрование; осаждение ионов цинка из ОЭЦ; старение осадка под слоем маточного раствора; отделение осадка от маточного раствора; промывка осадка от водорастворимых солей; обезвоживание осадка; сушка и термообработка осадка (при необходимости).

В связи с тем, что образование ОЭЦ на различных предприятиях происходит с различной периодичностью, а также отработанные растворы характеризуются различной концентрацией ионов цинка, наиболее приемлемым вариантом является накопление определенного объема ОЭЦ (не менее 5 м³).

В большинстве случаев в ОЭЦ присутствует осадок (ЖСО), который образуется в результате гидролиза ионов железа, присутствующего в качестве загрязняющей примеси вследствие контакта электролита с поверхностью обрабатываемых изделий (рисунок). Данный осадок после промывки от водорастворимых солей и высушивания может быть использован в качестве сырья для получения железосодержащих пигментов.

Осаждение ионов цинка осуществляется насыщенным раствором фосфатом натрия до pH 8,5 (соотношение осадителя и осаждаемого катиона 1,6) с последующим подкислением до pH 6,7...7,1. Раствор осадителя дозируется в реактор с мешалкой, где находится ОЭЦ, при этом образуется суспензия малорастворимых соединений цинка (фосфата цинка и фосфата цинка-аммония). В процессе старения в течение 30 минут происходит образование четко оформленных кристаллов, при этом осадок хорошо седиментирует на дно реактора. Осадок необходимо отделить от маточного раствора с использованием фильтр-пресса или вакуум-фильтра.

В процессе переработки ОЭЦ кроме целевых соединений (смеси фосфата цинка и фосфата цинка-аммония) образуются растворимые соли (хлорид натрия), которые могут оставаться в конечном продукте и оказывать негативное влияние на его качество. Поэтому необходимо проводить промывку полученного осадка водой методом пятиступенчатой противоточной промывки.

Обезвоживание осадка можно проводить с использованием аппаратов вакуумной или напорной фильтрации (вакуум-фильтр, фильтр-пресс). Сушка полученного осадка происходит в течение 3–4 часов при температуре 80 °С с использованием полочной сушилки.

Термообработка полученного осадка в двухступенчатом режиме (выдержка при температуре 380 °С в течение 1 часа, выдержка при температуре 505 °С в течение 1 часа) приводит к образованию смеси фосфата и дифосфата цинка. Аммиак, выделяющийся при разложении цинк-аммоний фосфата (0,09 т



ОЭЦ (таблицы 1 и 2).

По оценочным данным в Республике Беларусь образуется порядка 110 м^3 в год ОЭЦ. При переработке указанного объема согласно расходным нормам можно получить порядка 8,7 т в год пигмента состава $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, ZnNH_4PO_4 и 7,4 т пигмента состава $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (с учетом потерь при прокаливании, которые составляют 15,2 %).

Таблица 1 – Расходные нормы основных видов сырья и материалов для переработки 1 м^3 ОЭЦ

Наименование сырья, материалов	Норма расхода
Фосфат натрия (Na_3PO_4), кг	88,1
Кислота соляная (36% HCl), дм^3	32,4
Вода, м^3	2,96

Таблица 2 – Расходные нормы основных видов сырья и материалов для получения 1 кг цинксодержащего пигмента из ОЭЦ

Наименование сырья, материалов, энергоресурсов	Норма расхода
ОЭЦ, дм^3	12,7
Фосфат натрия (Na_3PO_4), г	1096,9
Кислота соляная (36% HCl), см^3	403,4
Вода, дм^3	36,8

Переработка 110 м^3 ОЭЦ по предлагаемой технологии позволит снизить количество образующегося в процессе очистки сточных вод осадка на 5,8 т по сухому веществу вследствие предотвращения сброса на очистные сооружения отработанных электролитов. При определении количества осадка сточных вод исходили из того, что в Республике Беларусь для очистки сточных вод гальванического производства применяется в основном реагентный метод с использованием известкового молока $\text{Ca}(\text{OH})_2$, и ионы тяжелых металлов осаждаются преимущественно в виде гидроксидов. Концентрацию ионов цинка принимали равной средней концентрации ионов цинка всех исследованных в проб ОЭЦ – $34,7 \text{ г/дм}^3$.

Полученные материалы по своим свойствам не уступают производимым в настоящее время на мировом рынке белым пигментам на основе фосфата цинка: массовая доля основного компонента (46...49 % в пересчете на ZnO для образцов после высушивания, 52...54 % в пересчете на ZnO для образцов после прокаливании), массовая доля водорастворимых веществ (не более 0,1 %), белизна (95...98 %), остаток после просеивания на сите № 0056 (не более 0,05 %) и др.

Полученные материалы были апробированы в качестве пигмента для окрашивания глазури для керамических изделий художественно-бытового



назначения, что подтверждается результатами опытно-промышленных испытаний на УП «Комбинат декоративно-прикладного искусства им. А. М. Кищенко». Для этого использовалась опытная партия материала массой 5 кг с белизной 97 %. Испытания пигмента проводились на бесцветной (прозрачной) фриттованной глазури № 189, пигмент вводили в количестве 10 и 12 мас. %. Помол глазури осуществлялся в шаровой мельнице, нанесение глазури на изделия осуществлялось методами напыления и окунаия. Обжиг производился в камерной электрической печи при температуре 960 ± 5 °С. Были получены образцы белого цвета хорошего качества, черепок не просвечивался. Белизна полученных изделий – 78 % (при нанесении глазури методом напыления) и 80 % (при нанесении глазури методом окунаия).

Для полученных пигментов был разработан проект ТУ ВУ 100354659.116–2017 «Пигмент керамический для окрашивания глазури и мастики».

Оценка эколого-экономических показателей предлагаемой технологии подтверждает целесообразность организации переработки отработанных электролитов гальванического производства.

Заключение и выводы.

В работе проведен анализ источников образования отработанных электролитов гальванического производства, которые являются жидкими отходами и характеризуются высокой концентрацией ионов тяжелых металлов. На основании проведенных исследований установлены условия наиболее полного извлечения ионов цинка из отработанных электролитов, что позволит предотвратить залповое повышение концентрации ионов тяжелых металлов, стабилизировать работу очистных сооружений, снизить объемы образующихся осадков сточных вод. Предложена принципиальная технологическая схема переработки отработанных электролитов цинкования с получением пигментов белого цвета. Реализация предлагаемой технологии позволит решить задачу импортозамещения пигментов, производство которых в настоящее время в Республике Беларусь отсутствует.

Литература:

1. Виноградов, С.С. Экологически безопасное гальваническое производство / под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. – Изд. 2-е, перераб. и доп; Москва: Глобус, 2002. – 352 с.
2. Маруль, В.Н. Очистка сточных вод гальванических цехов предприятий Республики Беларусь / В. Н. Марцуль, О.С. Залыгина, А.В. Лихачева, В.И. Романовский // Труды БГТУ: Химическая технология неорганических материалов и веществ. – Минск: БГТУ, 2013. – № 3 (159). – С. 61–66.
3. Хранилов, Ю.П. Экология и гальванотехника: проблемы и решения, Киров, ВятГТУ. – 2000. – 97 с.
4. Перелыгин, Ю.П. Некоторые вопросы экологии гальванического производства / Ю.П. Перелыгин // Гальванотехника и обработка поверхности. – Москва, 2018. – Т. 26, № 2. – С. 57–61.
5. Обследование оборудования и действующих технологий очистки сточных вод гальванических цехов (участков), определение элементного и



фазового состава гальванических шламов, шламов очистных сооружений, хранящихся на площадках предприятий Республики Беларусь с разработкой рекомендаций по улучшению экологических характеристик гальванического производства: отчет о НИР (заключ.) / М-во обр. Респ. Беларусь, Белорус. гос. технол. ун-т»; рук. В.Н. Марцуль; исполн.: В.Н. Марцуль [и др.] – Минск, 2012. – 162 с.

6. Лобанова, Л.Л. Технология утилизации никеля из отработанных растворов химического никелирования и ванн улавливания: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.03 / Л.Л. Лобанова. – Киров, 2004. – 199 с.

7. Попов, В.М., Централизованное обезвреживание жидких металлосодержащих растворов, образующихся на предприятиях / В.М. Попов, Н.А. Чернышева, Е.В. Захарова, М.А. Мещерякова / Известия Курского государственного технологического университета. – Курск, 2009. – № 1 (26). – С. 82–86.

8. Долина, Л.Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов: монография, Днепропетровск: Континент, 2008. – 254 с.

9. Виноградова, А.В. Регенерация цинка из ванны улавливания после цинкования в сернокислом, цинкатном и аммиакатном электролитах / А.В. Виноградова, С.Ю. Кладити, С.С. Виноградов / Гальванотехника и обработка поверхности. – Москва, 2010. – Т. XVIII, № 4. – С. 49–56.

10. Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 09.09.2019 г. № 3-Т // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – № 8/34631.

11. Обработка поверхностей металлов и пластмасс с использованием электролитических или химических процессов (ИТС 36-2017): информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, М.: Бюро НДТ, 2017. – 228 с.

12. Мороз, Е.М. Извлечение ионов цинка из отработанного электролита цинкования методом мембранного электролиза / Е.М. Мороз, А.А. Черник, И.М. Жарский // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института. – Санкт-Петербург, 2013. – № 19 (45). – С. 19–20.

13. Способ извлечения цинка из водных растворов: пат. 2088542 Российская Федерация, МПК С 02 F 1/64, С 02 F 1/70 / А.Ф. Дресвянников, И.О. Григорьева; заявители А.Ф. Дресвянников, И.О. Григорьева – Оpubл. 27.08.1997.

14. Кругликова, Е.С. Снижение выноса ионов цинка в сточные воды с помощью погружных электрохимических модулей. I. Хлоридно-аммонийный электролит / Е.С. Кругликова, В.В. Бабошина, К.В. Казакова // Гальванотехника и обработка поверхности. – Москва, 2007. – Т. XV, № 4. – С. 38–42.

15. Казакова, К.В., Кругликов, С.С. (2008) Снижение выноса ионов цинка в сточные воды участка цинкования в хлоридно-аммонийном электролите, *Успехи в химии и химической технологии*, 2008, Т. XXII, № 10 (90), С. 55–58.



16. Способ получения гексагидрата сульфата цинка-аммония: пат. 2307793 Российская Федерация, МПК С 01 G 9/06, С 01 С 1/24 / Е.Г. Афонин; заявитель Е.Г. Афонин. – Оpubл. 27.04.2007.

17. Способ получения бис (1-гидроксиэтан-1,1-дифосфонато (2-)) купрата (2+), цинката (2+) и никелата (2+) этилендиаммония: пат. 2352575 Российская Федерация, МПК С 07 F 9/38, С 07 F 3/06, С 07 F 15/04, С 07 F 1/08 / Е.Г. Афонин; заявитель Е.Г. Афонин. – Оpubл. 20.04.2009.

18. Способ получения дигидрата оксалата цинка: пат. 2259347 Российская Федерация, МПК С 07 С5 1/41, С 07 С5 5/07 / Е.Г. Афонин; заявитель Е.Г. Афонин. – Оpubл. 27.08.2005.

19. Gyliene, O. The use of organic acids as precipitants for metal recovery from galvanic solutions / O. Gyliene, M. Salkauskas, R. Juskenas // Journal of chemical technology and biotechnology. – 1997. – Vol. 70, Issue 1. – P. 111–115.

20. Способ утилизации кислого отработанного раствора гальванического производства: пат. 2069240 Российская Федерация, МПК С 25 D 21/18 / Н.К. Рослякова, Р.С. Росляков; заявители Н.К. Рослякова, Р.С. Росляков – № 5039015/26; заявл. 20.04.1992; опубл. 20.11.1996//2006.

21. Cheprasova, V. Spent zinc-plating electrolytes as secondary raw material for production of pigments / V. Cheprasova, V. Zalyhina // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2017. – Vol. 90, Issue 3. – P. 380–388.

22. Чепрасова, В. И. Снижение воздействия гальванического производства на окружающую среду путем переработки отработанных электролитов цинкования / В. И. Чепрасова, О.С. Залыгина // Природные ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 129–137.

Abstract. The paper analyzes the sources of formation of waste electrolytes from galvanic production. The necessity of separate disposal of rinsing waste water and waste electrolytes with their subsequent processing is shown. Possible options for processing waste electrolytes are presented. A basic technological scheme for processing waste zinc electrolytes with obtaining pigments is proposed. It has been established that pigments obtained from spent zinc electrolytes, in terms of their properties (mass fraction of the main component, mass fraction of water-soluble substances, whiteness, residue after sieving on a sieve № 0056), are not inferior to white pigments based on zinc phosphate that we currently produce on the world market.

The results of the research carried out will make it possible to expand the raw material base for the production of pigments, as well as to solve the problem of processing waste electrolytes from galvanic production.

Key words: galvanic production, zinc plating, spent electrolyte, processing, pigment, zinc phosphate.

Статья отправлена: 16.02.2022 г.

© Журавская Н.Е.



УДК 633.811:631.5(477.43+477.85)

INDICATORS OF STRUCTURE OF CLARY SAGE PLANTS DEPENDING
ON SOWING TIME AND RATE OF SOWING SEEDSПОКАЗНИКИ СТРУКТУРИ РОСЛИН ШАВЛІЇ МУСКАТНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД
СТРОКУ СІВБИ ТА НОРМИ ВИСІВУ НАСІННЯ

Hrokholska T.M. / Грохольська Т.М.

postgraduate / аспірант

Higher educational institution "Podillia state university"

Kamianets-Podilskyi, Shevchenko, str. 13, 32316

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

м. Кам'янець-Подільський, вул. Шевченка, 13, 32316

Анотація. Мета. Визначити біометричні показники рослин шавлії мускатної залежно від строку сівби та норми висіву насіння. Встановити кореляційні зв'язки між показниками структури рослин шавлії мускатної залежно від досліджуваних факторів. **Результати.** У статті наведено біометричні параметри шавлії мускатної в середньому за 2019-2021 роки за вирощування в умовах Західного Лісостепу. На формування величини показника продуктивності рослин шавлії мускатної, таких як, кількість суцвіть на рослині, маса суцвіть, маса рослини, маса листків більший вплив мала норма висіву насіння 8 кг/га за весняного строку сівби. Кількість суцвіть штук на рослині за весняного строку сівби коливалася в середньому в межах від 104,1 до 95,2, а при осінньому відмічено зменшення показника від 103,6 до 93,1 штук. Встановлено, що маса суцвіть за весняного строку сівби коливалася в межах від 5,6 до 4,8 грам, а за осіннього – від 5,3 до 4,1 грам. Маса рослини за осіннього строку сівби була в межах від 16,8 до 9,2 грам, а за весняного відбулося збільшення від 17,8 до 11,6 грам. Маса листків за весняного строку сівби була в межах від 5,9 до 4,2 грам, а за осіннього поступалася на 0,3 грама.

Проведений кореляційний аналіз залежності між висотою та масою рослин; кількістю суцвіть та масою суцвіть з рослини; масою рослини і масою листків шавлії мускатної показав, що зв'язок між досліджуваними показниками сильний. Коефіцієнт кореляції коливався в межах від 0,96 до 0,99. **Висновки.** Встановлено, що серед двох досліджуваних строків сівби більш ефективним виявився весняний (квітень). Використання різних норм висіву насіння показало, що оптимальні біометричні показники отримано за норми висіву насіння 8 кг/га; на цих варіантах біометричні показники рослин за весняного та літнього строку сівби істотно перевищували контрольний варіант.

Ключові слова: шавлія мускатна, строк сівби, норма висіву насіння, біометричні показники, кореляційний аналіз.

Вступ.

Шавлія мускатна (*Salvia sclarea* Labiatae) є трав'янистою рослиною родини губоцвітих, також вона багаторічна лікарська, ефіроолійна культура [1]. Суцвіття шавлії мають сильний ароматний запах, у зв'язку з цим ефірна олія застосовується у високо якісних парфумах [2–4]. В Турції використовують шавлію як трав'яний чай щоб полегшити шлунковий біль, послабити біль ревматизму, захистити печінку [5], також як засіб проти діареї, заспокійливий препарат [6], який має антимікробну [7–8], антивірусну дію [9], та застосовують як знеболюючий, жарознижуючий засіб [10–12] який впливає на обміні процеси організму.

В умовах Західного Лісостепу шавлія мускатна вивчена не достатньо, отже дослідження з технології вирощування цієї культури є актуальними.



В Туреччині вивчались лікувальні властивості шавлії мускатної, які показали ефективну антимікробну дію [13, 14]. В умовах посушливого клімату півдня України проведено дослідження з питань впливу кліматичних умов на формування врожаю суцвіть шавлії мускатної [15]. Вивчались строки сівби за різної ширини міжрядь на урожайність та вміст олії в суцвіттях шавлії мускатної [16].

Останніми роками серед питань технології вирощування шавлії мускатної вивчались питання термінів сівби, відстані між рослинами в рядку, ширини міжрядь та ін. [17–20].

Мета дослідження – визначення біометричних показників шавлії мускатної залежно від строку сівби та норми висіву насіння за вирощування в умовах Західного Лісостепу.

Матеріал і методика досліджень. Дослідження виконувалося на дослідних ділянках кафедри садівництва і виноградарства, землеробства та ґрунтознавства Подільського державного аграрно-технічного університету (зараз Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»). У досліді вивчалися наступні фактори: фактор А – строк сівби (весняний, літній); фактор В – норма висіву насіння (4, 6, 8 та 10 кг/га). Облікова площа ділянки 50 м². Повторність чотириразова. Всі обліки, спостереження та аналізи здійснювались відповідно загальноприйнятих методик.

Основна частина.

Біометричний аналіз шавлії мускатної проводили за показниками: висота рослини, кількість суцвіть, маса суцвіть, маса листків з рослини та маса рослини. Наші дослідження, виконані в умовах Західного Лісостепу, виявили залежність показників шавлії мускатної від досліджуваних чинників.

Таблиця 1 - Біометричні показники рослин шавлії мускатної залежно від строку сівби та норми висіву насіння (середнє за 2019-2021 рр.)

Норма висіву насіння, кг/га (В)	Показник									
	Висота рослини, см		Кількість суцвіть на рослині, шт		Маса суцвіть, г		Маса рослини, г		Маса листків, г	
	Весняний (А)	Літній (А)	Весняний (А)	Літній (А)	Весняний (А)	Літній (А)	Весняний (А)	Літній (А)	Весняний (А)	Літній (А)
4	98,7	95,1	95,2	93,1	4,8	4,1	11,6	9,2	4,2	3,9
6 (К)*	101,5	98,7	99,4	98,2	5,1	4,7	12,8	12,5	4,8	4,7
8	105,3	103,1	104,1	103,6	5,6	5,3	17,8	16,8	5,9	5,6
10	103,6	100,1	100,3	101,3	5,4	5,1	15,1	14,6	5,4	5,3

Примітка: К* – контроль (весняний строк сівби, норма висіву насіння 6 кг/га)

З таблиці 1 видно, що в середньому за 2019–2021 роки найбільш високорослі 105,3 см рослини шавлії мускатної були на варіанті норми висіву насіння 8 кг/га за весняного строку сівби. Найменш високорослі рослини 95,1 см заввишки сформувались за літнього строку сівби нормою висіву насіння 4 кг/га.



На формування величини показника продуктивності рослин, таких як, кількість суцвіть на рослині, маса суцвіть, маса листків та маса рослини більший вплив мала норма висіву насіння 8 кг/га за весняного строку сівби. Кількість суцвіть на рослині за весняного строку сівби коливалася в середньому в межах від 104,1 до 95,2, а за літнього відбулося зменшення від 103,6 до 93,1 штук.

Маса суцвіть за весняного строку сівби коливалася в межах від 5,6 до 4,8 грам, а за літнього строку від 5,3 до 4,1 грам. Маса рослин за літнього строку сівби в середньому коливалася в межах від 16,8 до 9,2 грам, а за весняного відбулося збільшення від 17,8 до 11,6 грам. Маса листків за весняного строку сівби була в межах від 5,9 до 4,2 грам, а за літнього від 5,6 до 3,9 грам.

Кореляційний аналіз показав, що зв'язок між висотою рослин та масою рослин за весняного та літнього строку сівби є сильним, тому що $r = 0,96$ та $r = 0,99$. Оскільки критерій фактичний (t_r) складає 4,8 та 9,9, що більше теоретичних значень $t_{0,95}(4,30)$, то зв'язок між висотою рослин та масою рослин достовірний (табл. 2).

Таблиця 2 - Кореляційний аналіз залежності показників між висотою та масою рослини (середнє за 2019–2021)

Висота рослини, см (X)	Маса рослини, г (Y)	Відхилення		Добуток відхилень (X-x)• (Y-y)	Квадрати відхилень	
		X-x	Y-y		(X-x) ²	(Y-y) ²
Весняний строк сівби						
98,7	11,6	-3,58	-2,73	9,74	12,78	7,43
101,5	12,8	-0,78	-1,53	1,18	0,60	2,33
105,3	17,8	3,02	3,48	10,51	9,15	12,08
103,6	15,1	1,32	0,77	1,03	1,76	0,60
x=102,28	y=14,33	-	-	22,46	24,29	22,43
r =0,96; S _r =0,2; t _r =4,8						
Літній строк сівби						
95,1	9,2	-4,15	-4,08	16,91	17,22	16,61
98,7	12,5	-0,55	-0,78	0,43	0,30	0,60
103,1	16,8	3,85	3,53	13,57	14,82	12,43
100,1	14,6	0,85	1,33	1,13	0,72	1,76
x=99,25	y=13,28	-	-	32,04	33,07	31,39
r =0,99; S _r =0,1; t _r =9,9						

Кореляційний аналіз показав, що зв'язок між кількістю суцвіть штук на рослині та масою суцвіть за весняного та літнього строку сівби сильний, $r = 0,96$ та $r = 0,99$. Тому критерій фактичний (t_r) складає 4,8 та 9,9, що значно більше теоретичних значень $t_{0,95}(4,30)$, зв'язок між кількістю суцвіть штук на рослині та масою суцвіть достовірний (табл. 3).



Таблиця 3 - Залежності показників між кількістю суцвіть та масою суцвіть з рослини, (середнє за 2019–2021)

Кількість суцвіть на рослині, шт (X)	Маса суцвіть, г (Y)	Відхилення		Добуток відхилень (X-x)• (Y-y)	Квадрати відхилень	
		X-x	Y-y		(X-x) ²	(Y-y) ²
Весняний строк сівби						
95,2	4,8	-4,55	-0,43	1,93	20,70	0,18
99,4	5,1	-0,35	-0,13	0,04	0,12	0,02
104,1	5,6	4,35	0,38	1,63	18,92	0,14
100,3	5,4	0,55	0,18	0,10	0,30	0,03
x=99,75	y=5,23	-	-	3,71	40,05	0,37
r =0,96; S _r =0,2; t _r =4,8						
Літній строк сівби						
93,1	4,1	-5,95	-0,70	4,17	35,40	0,49
98,2	4,7	-0,85	-0,10	0,08	0,72	0,01
103,6	5,3	4,55	0,50	2,27	20,70	0,25
101,3	5,1	2,25	0,30	0,67	5,06	0,09
x=99,05	y=4,80	-	-	7,20	61,89	0,84
r =0,99; S _r =0,1; t _r =9,9						

Таблиця 4 - Кореляційний аналіз залежності показників між масою рослин та масою листків, (середнє за 2019–2021)

Маса рослини, г (X)	Маса листіків, г (Y)	Відхилення		Добуток відхилень (X-x)• (Y-y)	Квадрати відхилень	
		X-x	Y-y		(X-x) ²	(Y-y) ²
Весняний строк сівби						
11,6	4,2	-2,73	-0,88	2,38	7,43	0,77
12,8	4,8	-1,53	-0,28	0,42	2,33	0,08
17,8	5,9	3,48	0,83	2,87	12,08	0,68
15,1	5,4	0,77	0,33	0,25	0,60	0,11
x=14,33	y=5,08	-	-	5,92	22,43	1,63
r =0,98; S _r =0,2; t _r =4,9						
Літній строк сівби						
9,2	3,9	-4,08	-0,98	3,97	16,61	0,95
12,5	4,7	-0,78	-0,18	0,14	0,60	0,03
16,8	5,6	3,53	0,73	2,56	12,43	0,53
14,6	5,3	1,33	0,43	0,56	1,76	0,18
x=13,28	y=4,88	-	-	7,23	31,39	1,69
r =0,99; S _r =0,1; t _r =9,9						



Дані таблиці 4 свідчать, що залежності між масою рослини та масою листків кореляційного аналізу за весняного та літнього строку сівби є сильною, оскільки $r = 0,98$ та $r = 0,99$. Отже, критерій фактичний (t_f) складає 4,9 та 9,9, що є більше теоретичних значень $t_{0,95}(4,30)$, тому зв'язок між масою рослин та масою листків є достовірним.

Висновки.

Вирощування шавлії мускатної є доцільним в умовах Західного Лісостепу. Оптимальні біометричні показники шавлії мускатної отримано за весняного строку сівби нормою висіву насіння 8 кг/га, кількість суцвіть на рослині на цьому варіанті становила 104,1; маса суцвіть 5,6 грам; маса листків 5,9 грам та маса рослини – 17,8 грам.

Література

1. Біленко В.Г. Вирощування лікарських рослин та використання їх у медичній і ветеринарній практиці. Довідник. К.: Арістей, 2004. 304 с.
2. Dzumayev, K.K., Tsibulskaya L.A., Zenkevich I.G. at al. Essential oils from *Salvia sclarea* L. produced from plants grown in southern Uzbekistan. *Journal Essential Oil Research*. 1995. Vol.7. P.579–604.
3. Peana, M.D., Moretti C.J., Juliano C. Chemical composition and antimicrobial action of the essential oils from *Salvia desoleana* Atzei & Picci and *Salvia Sclarea* L. *Planta Medica*. 1999. Vol.65. P.752–754.
4. Souleles, C., Argyriadon N. Constituents of the essential oil of *Salvia sclarea* growing wild in Greece. *International Journal Pharmacognosy*. 1997. Vol.35. P.218–220
5. Bayrak A., Akgul A. Composition of essential oil from Turkish *Salvia* species. *Phytochemistry*. 1987. Vol. 26 P. 846–847.
6. Gulcin I., Uguz T., Oktay M. at al. Evaluation of the antioxidant and antimicrobial activities of clary sage (*Salvia sclarea* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2004. Vol.28. P 25–33.
7. Гербіна Н.А., Шабан С.О. Актуальність використання лікарської рослинної сировини для лікування вугрової хвороби (акне). *Матеріали III Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції "Технологічні та біофармацевтичні аспекти створення лікарських препаратів різної направленої дії"* (14-15 листопада 2017 року), м. Харків. С.56–57.
8. Махсудов К.С., Рахмонов А.У., Мусозода С.М. та ін.. Разработка технологии получения жидкого экстракта листьев шалфея мускатного (*salvia sclarea* l.), произрастающего в Таджикистане. *Сучасні аспекти створення екстемпоральних алопатичних, гомеопатичних та косметичних лікарських засобів* : матеріали IV Міжнар. наук.-практ. дистанц. конф., (м. Харків, 20 берез. 2020 р.) Харків : Вид-во НФаУ, 2020. С. 98–100.
9. Sokovic M., Tzakou O., Pitarokili D., Couladis M. Antifungal activities of selected aromatic plants growing wild in Greece. *Nahrung*. 2002. Vol 46. Issue 5. P. 317–320. doi:10.1002/1521-3803(20020901)
10. Fiore G., Nencini C., Cavallo F. at al. In vitro antiproliferative effect of six *salvia* species on human tumor cell lines. *Phytotherapy Research*. 2006. Vol. 20.



P.701–703.

11. Фролова, А.В. Эфирные масла – перспективные источники при разработке антимикробных лекарственных средств для местного лечения гнойных ран. *Вестник Витебского государственного медицинского университета*. 2010. Т. 9, № 1. С.1–10.

12. Пономарева Е.И., Маврина А.Р., Вотинцева Е.О., Молохова Е.И. Эфирные масла на фармацевтическом рынке. *Теоретические и прикладные аспекты современной науки*. 2014. № 6 С.116–120.

13. Küçük S, Soyer P, Tunalı Y. Determination of Antimicrobial and Biological Activities of *Salvia sclarea* L. (Lamiaceae) Extracts. *Jotcsa*. 2019. Vol.6 (1). P.15–20.

14. Tibaldi G., Fontana F., Nicola S. Cultivation practices do not change the *Salvia sclarea* L. essential oil but drying process does. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2010. Vol.8 (3&4). P.790–794.

15. Ушкаренко В.О., Чабан В.О. Застосування мінеральних добрив під час вирощування шавлії мускатної в умовах крапельного зрошення південного степу України. *Наукові доповіді НУБіП України* №1(83). 2020.

16. Ushkarenko V. O., Chaban V. O., Lavrenko S. O. Agrotechnological efficiency of growing of clary sage inflorescences in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Agrology*. 2020. №3(3). P. 181–187.

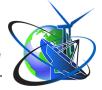
17. Kumar R., Sharma S., Singh B. Evaluation of Transplanting Time Effect on Characteristic Growth, Essential Oil and its Composition in Clary Sage (*Salvia sclarea* L.) in North-Western Himalayas. *Journal of Essential Oil Bearing Plants Jeobp*. 2011. Vol.14 (3). P.260 – 265.

18. Мемишева Л.С. Барвнов Н. С. Изучение коллекционных образцов шалфея мускатного (*Salvia sclarea* L.) как исходного материала для селекции. *Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков* (12 августа, 9 сентября 2016г.). Новосибирск, 2016. С.50–54.

19. Князюк О.В. Вплив строків сівби та ширини міжрядь на продуктивність ефіроолійних та пряно-ароматичних культур. *Актуальні проблеми біології та методики її викладання у закладах вищої освіти : Збірник наукових праць звітної наукової конференції викладачів за 2018 – 2019 н.р.* Вінниця, 2019. С 59–70.

20. Князюк О.В., Горбатюк В.С., Мельник І.А. Вплив строків сівби та ширини міжрядь на біометричні показники та продуктивність рослин шавлії мускатної (*Salvia solaria* L.). *Агробіологія*. 2018. Вип. 2. С.55–59.

Abstract. Aim. Determine the biometric parameters of clary sage plants depending on the time of sowing and seeding rates. Establish correlations between the structures of clary sage plants depending on the studied factors. **Results.** The article presents the biometric parameters of clary sage on average for 2019-2021 growing in the Western Forest-Steppe. The formation of the value of the productivity of clary sage plants, such as the number of inflorescences on plants, weight of inflorescences, plant weight, leaf weight, was more influenced by the seed sowing rate of 8 kg/ha in the spring sowing period. The number of inflorescences on plants during the spring sowing period ranged on average from 104.1 to 95.2, and in autumn there was a decrease in the rate from 103.6 to 93.1 pieces. It was found that the weight of inflorescences during the spring sowing period



ranges from 5.6 to 4.8 grams, and in autumn from 5.3 to 4.1 grams. The weight of the plant in the autumn sowing period ranged from 16.8 to 9.2 grams, and in the spring there was an increase from 17.8 to 11.6 grams. The weight of leaves in the spring sowing period ranged from 5.9 to 4.2 grams, and in the autumn it was inferior to 0.3 grams.

The correlation analysis of dependence between height and weight of plants, the number of inflorescences and the mass of inflorescences from the plant; the weight of the plant and the weight of the leaves of clary sage was carried out and it showed that the relationships between the studied indicators were strong. The correlation coefficient ranged from 0.96 to 0.99. **Conclusions.** It was found that among the two studied sowing dates, spring (April) proved to be more effective. The use of different sowing rates showed that the optimal biometric indicators were obtained for sowing rates of 8 kg/ha; in these variants, the biometric indicators of plants in the spring and summer sowing period significantly exceeded the control variant.

Key words: clary sage, sowing time, rate of sowing seeds, biometric indicators, correlation analysis.



УДК: 637.142.2

PROCESSING OF OUTPUT OF OIL-FAT INDUSTRY ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ОЛІЙНОЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Kryzhak L. / Крижак Л.

с.т.с., as.prof. / к.т.н., доц.

ORSID: <http://orcid.org/0000-0002-4882-897X>

Fialkovska L./ Фіалковська Л

с.т.с., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4353-0963>

Vinnytsia Trade and Economic Institute KNTU

21050, Ukraine, Vinnytsia, st. Sobornaya, 87

Винницький торгово-економічний інститут

Київського національного торгово-економічного університету

Анотація. В статті проведений огляд процесу рафінації олії. Проаналізовані відходи, що отримуються в результаті очищення олії від супутніх домішок, їх переробка і застосування в народному господарстві. Запропоновано використання відпрацьованих відбільних глин для виробництва керамзитового гравію. Заміна дефіцитних і дороговартісних нафтопродуктів, які використовують в теперішній час при виготовленні керамзитового гравію, на відпрацьовані відбільні глини дозволить розширити сировинну базу органічних добавок.

Ключові слова: олія, відбілювання, відбільні глини, рафінація, відходи.

Вступ.

Вторинними матеріальними ресурсами називають відходи виробництва, які на теперішньому етапі розвитку науки і техніки можуть бути використані в народному господарстві в якості потенційної сировини чи додаткової продукції.

До них в першу чергу відносяться відходи виробництва, які залишаються після використання сировини і допоміжних матеріалів для отримання основної сировини даного виробництва, а також супутня продукція, яка отримується в процесі виробництва паралельно з основною продукцією чи в результаті додаткової промислової переробки відходів.

Вторинними продуктами хімічної рафінації рослинних олій є:

- гідратаційний осад;
- соапсток;
- відпрацьовані відбільні глини;
- відпрацьовані порошки фільтрувальні жирні;
- погони дезодорації;
- промивні води (у випадку застосування промивання олії).

Переробка відходів рафінації і перетворення їх в продукти, які придатні для подальшого використання, є важливою задачею олійно-жирової промисловості.

На різних стадіях рафінації (гідратація, нейтралізація, адсорбційна обробка (відбілювання), виморожування, дезодорація) утворюються вторинні матеріальні ресурси, в процесі переробки яких можуть бути отримані продукти, які мають товарну і споживчу цінність.

При розгляді питання про застосування тієї чи іншої технології утилізації



побічних продуктів необхідно провести ретельний аналіз з точки зору попередніх капіталовкладень, якості отриманих продуктів, ефективного використання енергоресурсів і екологічної безпеки.

Постановка проблеми. Вивчення процесу відбілювання соняшникової олії і властивостей відбілених глин дозволили намітити деякі напрями в переробці і використанні відпрацьованих відбілених глин.

Для виробництва керамзитового гравію застосовуються жиромісні органічні речовини. Заміна дефіцитних і дороговартісних нафтопродуктів, які використовують в теперішній час при виготовленні керамзитового гравію, на відпрацьовані відбілені глини дозволить розширити сировинну базу органічних добавок.

Викладення основного матеріалу.

З метою отримання безвідходного технологічного процесу очищення олій проведена лабораторна перевірка можливості використання відпрацьованого монтмориллоніта в вигляді органічної добавки для отримання керамзитового гравію.

Отримання пористої структури керамзиту досягається за рахунок спучення при термічній обробці глинистої сировини газами, що утворюються.

Загальне і кінцеве газовідділення і спучення підвищується при внесенні в глинисті породи органічних добавок, в якості яких можуть бути використані відпрацьовані адсорбенти.

Досліджено на спучення три різновиди глинистої сировини, які використовуються на діючих заводах, а також нові види сировини (Сумська глина і глина Шемилівського і Шебелінського родовищ). Як органічна добавка використовувалась крихта і гранула палигорскіта та активованого монтмориллоніта після очищення олії (масова частка жиру – 45%).

В таблиці 1 наведені експериментальні дані, які дозволяють оцінити вплив на якість керамзитового гравію внесених до складу суміші відпрацьованих олієвмісних адсорбентів.

Встановлені технологічні параметри отримання керамзитового гравію з використанням для покращення спучення глин добавок відпрацьованих адсорбентів (на основі палигорскіта і монтмориллоніта).

В результаті проведених досліджень встановлені:

— оптимальна кількість добавок складає, %:

- а) для Шебелінської глини – 2-3;
- б) для Шемилівської глини – 3-4;
- в) для Сумської глини – 2-3.

— оптимальний час спучення, хв.:

- а) для Шебелінської глини – 5;
- б) для Шемилівської глини – 6;
- в) для Сумської глини – 4-5.

— оптимальна температура спучення, °С:

- а) для Шебелінської глини – 1110-1120;
- б) для Шемилівської глини – 1150-1160;
- в) для Сумської глини – 1130-1140.



- інтервал спучення, °C:
 - а) для Шебелінської глини – 100-110;
 - б) для Шемилівської глини – 50-60;
 - в) для Сумської глини – 100.

Таблиця 1 – Залежність середньої густини керамзитового гравію від масової частки жиру в відпрацьованих адсорбентах.

Кількість добавки, %	Середня густина керамзитового гравію, г/см ³			
	Масова частка жиру 30%	Масова частка жиру 40%	Масова частка жиру 50%	Масова частка жиру 60%
Температура спучення 1120 °C, τ - 5 хв.				
1,0	-	0,63	0,54	0,47
2,0	-	0,395	0,37	0,38
3,0	0,46	0,34	0,325	0,31
4,0	-	0,345	0,3	0,29
5,0	0,43	-	-	-

В результаті проведених лабораторних досліджень шести різновидів глин для отримання керамзитового гравію можна дати позитивну оцінку придатності відпрацьованих олієвмісних адсорбентів для виробництва пористих наповнювачів.

Також була розроблена технологія, при якій відпрацьована відбільна глина (масова частка жиру, % – 23,5) використовувалась в якості добавки при виробництві будівельного вапна. До вапняку додавалась відпрацьована відбільна глина в кількості 10% від маси, суміш випалювалась в печі при температурі 1200 °C. Час випалювання складав 40 хв. В результаті випалювання отримане вапно, яке відповідає вимогам нормативної документації.

Висновки і пропозиції

1. Відпрацьовані олієвмісні адсорбенти є ефективними добавками при отриманні керамзитового гравію.
2. Розроблена технологія виробництва керамзитового гравію з застосуванням в якості збагачувача відпрацьованих відбільних глин.
3. Заміна дефіцитних і дорогих товарних нафтопродуктів, які використовуються в теперішній час, на вищевказані добавки дозволить розширити сировинну базу органічних добавок.
4. Запропоновані способи утилізації відпрацьованих адсорбентів для виробництва керамзитового гравію і будівельного вапна. Це дає можливість вважати технологію очищення соняшникової олії природними дисперсними матеріалами екологічно чистою і безвідходною.

Література:

1. Арутюнян Н.С. Технология переработки жиров. Москва: Пищепромиздат, 1999. С. 452.
2. Азнаурьян М.П.. Современные технологии очистки жиров, производство маргарина и майонеза. Москва: Сампо – Принт, 1999. - С. 493.



3. Калошин Ю.А. Технология и оборудование масложировых предприятий. Москва: ИРПО «Академия», 2002 - С. 363.

4. Фіалковська Л. В. Адсорбційне очищення соняшникової олії природними дисперсними мінералами: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.06 ; Харківський держ. політехнічний ун-т. Харків, 1997. 19 с.

5. Aliev E. B., Bandura V. M., Pryshliak V. M., Yaropud V.M., Trukhanska O.O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH–Agricultural Engineering*. 2018. 54(1). P.95-104.

References

1. Arutunian N.S. Tekhnolohiya pererabotky zhyrov. Moskva: Pyshepromyzdat, 1999. S. 452.

2. Aznaurian M.P.. Sovremennyye tekhnolohyy ochystky zhyrov, proyzvodstvo marharyna y maioneza. Moskva: Sampo – Prynt, 1999. - S. 493.

3. Kaloshyn Yu.A. Tekhnolohiya y oborudovanye maslozhyrovyykh predpriyatiy. Moskva: YRPO «Akademyia», 2002 - S. 363.

4. Fialkovska L.V. Adsorbtsiine ochyshchennia soniashnykovoї olii pryrodnymy dyspersnymy mineralamy: avtoref. dys. kand. tekhn. nauk: 05.18.06 ; Kharkivskyy derzh. politekhnichnyi un-t. Kharkiv, 1997. 19 s.

5. Aliev E. B., Bandura V. M., Pryshliak V. M., Yaropud V.M., Trukhanska O.O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH–Agricultural Engineering*. 2018. 54(1). P.95-104.

Abstract. *In the paper, an analysis of the modern state of methods of purification of sunflower oil from concomitant impurities is carried out. The main tasks of the oil-fat industry as a holistic system of management and production of food raw materials and food products are outlined. The requirements for quality and features of production of vegetable oil are highlighted, the main criteria for its choice by consumers and place in a healthy lifestyle system. The basic most common methods of refinement of oil are specified. The use of natural disperse minerals of Ukrainian deposits are proposed as adsorbents. The technology of production of bleached vegetable oil is developed and scientifically substantiated.*

Key words: oil, whitening, adsorption, technology, impurities.

Статья отправлена: 27.01.2022 г.
Фиалковская Л.В., Крыжак Л.М.



УДК 641.5:639.2:543.92

WAYS TO EXPAND THE RANGE OF FISH CULINARY PRODUCTS OF INCREASED BIOLOGICAL VALUE FOR INSTITUTIONS OF THE HOSPITALITY INDUSTRY

ШЛЯХИ РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ РИБНИХ КУЛІНАРНИХ ВИРОБІВ ПІДВИЩЕНОЇ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ДЛЯ ЗАКЛАДІВ ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ

Ditrikh I.V. / Дітріх І.В.

с.с.с., ас.проф. / к.х.н., доц.

Prylipko N.S. / Приліпко Н.С.

master of degree / магістр

National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska 68, 01601

Національний університет харчових технологій,

Київ, вул. Володимирська 68, 01601

Анотація. В представленій роботі наведено результати створення рецептури зраз «Зрази рибні з цибулею-порей» з підвищеною біологічною цінністю. Проаналізовано хімічний склад основної сировини страви – білого амуру і доведено його переваги у рецептурному складі. Підтверджена можливість використання у якості функціональних інгредієнтів у страві цибулі-порей, мигдального молока, гречаного борошна, яєць перепелиних. Досліджено органолептичні показники страви, розраховано поживну, енергетичну цінність та мінерально-вітамінний склад страви «Зрази рибні з цибулею-порей».

Ключові слова: зрази донські, білий амур, цибуля-порей, мигдальне молоко, гречане борошно, яйця перепелині, біологічна цінність

Вступ

Уявлення про те, що становить здорове харчування, залежать від географії та звичаїв, а також від розуміння сутності харчування. Однак у багатьох країнах кінцевою метою харчування людини є забезпечення оптимального здоров'я та зниження ризику хронічних захворювань, таких як серцево-судинні захворювання та рак, а також запобігання класичним захворюванням, пов'язаним з дефіцитом поживних речовин [1].

Для забезпечення злагодженої роботи організму людини потрібне якісне та безпечне харчування – це, насамперед, вживання різноманітних продуктів функціонального призначення, які мають задані споживні властивості і збалансований склад.

Останнім часом, велика увага приділяється розробці кулінарних рибних виробів з підвищеною біологічною цінністю на основі вітчизняної рибної сировини, в рецептурах яких використовуються нетрадиційні джерела біологічно активних речовин, які забезпечують оптимальний хімічний склад готової продукції [2,3,4].

Основний матеріал.

Зрази донські виготовляються з морської та прісноводної риби, зокрема : тріски, хека, осетра, білуги, судака, сома. До складу фаршу зраз, за рецептурою, включені наступні інгредієнти: цибуля ріпчаста, маргарин столовий, сухарі, яйця курячі, петрушка (зелень), борошно пшеничне [5]. Відомо, що зрази донські мають невисоку харчову цінність і середні органолептичні показники.



З метою подолання цих недоліків, запропоновано модифікувати традиційну рецептуру зраз донських шляхом повної заміни рибної сировини та часткової заміни складових фаршу. Особливою ознакою нової страви «Зрази рибні з цибулею-порей» є її багатофункціональність. Заміна традиційних складників рецептури на більш цінну сировину призводить до підвищення певного ряду показників: підсилення смаку та запаху, оптимізації хімічного складу страви.

Для виробництва зраз «Зрази рибні з цибулею-порей», як основну сировину використано білий амур, який є об'єктом штучного розведення у водоймах України. М'ясо цієї риби характеризується високими харчовими якостями - ніжне і жирне з багатим хімічним складом. У 100 г м'яса білого амуру міститься: білків -18,6 г; жирів -5,3 г; мінеральних речовин: калію-316,8 мг; фосфору -269,7 мг; магнію- 32 мг; кальцію – 25,7 мг; вітаміни: В₁- 0,14 мг; В₂- 0,12 [6]. Білий амур може бути віднесений до сировини із високим вмістом білка. Жири цієї риби характеризуються значною кількістю поліненасичених жирних кислот. М'ясо білого амуру легко засвоюється організмом і тому не робить велике навантаження на шлунково-кишковий тракт.

У якості основного функціонального інгредієнту у рецептурі фаршу зраз «Зрази рибні з цибулею-порей» запропоновано використання овочевої сировини – цибулі - порей (*Allium porrum*), яка відрізняється високим вмістом солей калію, кальцію, фосфору, магнію, заліза, а також вітамінів – аскорбінової кислоти, тіаміну, рибофлавіну тощо [7]. Порівняльна характеристика хімічного складу деяких цибулевих овочів та їх енергетичної цінності представлена у таблиці 1, [8]. Наведені дані свідчать, що перевагою цибулі-порей є значний вміст кальцію і вітаміну С. Відомо, що завдяки багатому вітамінно-мінеральному складу цибуля-порей відновлює роботу печінки, покращує відтік жовчі, стимулює травлення, при цьому, на відміну від цибулі ріпчастої та цибулі-шалот, не пошкоджує шлунок [9].

Таблиця 1 - Хімічний склад та енергетична цінність цибулевих овочів на 100г [8]

Цибулеві овочі	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Мінеральні речовини, мг				Вітаміни, мг			Енергетична цінність, ккал/кДж
				К	Ca	Mg	P	B ₁	B ₂	C	
Цибуля ріпчаста	1,4	0,2	8,2	175	31	14	58	0,05	0,02	10	40,2/168,197
Цибуля-порей	2,0	0,2	6,3	225	87	10	58	0,1	0,04	35	35,0/146,649
Цибуля-шалот	2,7	0,15	9,7	334	37	21	60	0,06	0,02	8,0	50,95/213,175



Новими інгредієнтами у рецептурі фаршу зраз «Зрази рибні з цибулею-порей» є молоко мигдальне, борошно гречане і яйця перепелині, внесення яких може підвищити біологічну цінність страви та покращити її органолептичні властивості.

Результати порівняння хімічного складу популярних видів рослинного молока, наведених у таблиці 2, показують, що для збагачення зраз рибних доцільно використовувати молоко мигдальне, яке містить значну кількість кальцію, магнію, фосфору [10].

Таблиця 2 - Хімічний склад та енергетична цінність популярних видів рослинного молока на 100г [10]

Види рослинного молока	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Мінеральні речовини, мг				Вітаміни, мг			Енергетична цінність, ккал/кДж
				К	Ca	Mg	P	B ₁	B ₂	C	
Мигдальне	3,2	9,3	2,2	129	51,3	41,3	81,7	0,04	0,11	0,05	105,3/440,575
Кокосове	1,6	20,8	5,6	232	4	32	59	0,02	-	0,03	216/903,744
Соєве	3,3	1,75	5,8	118	25	25	52	0,06	0,07	0,08	52,15/218,196

Сучасними дослідженнями доведено, що пшениця і продукти з неї можуть бути причиною не тільки целиакії чи інших патологій, вони також можуть бути причиною найрізноманітніших реакцій в організмі людини. Наприклад, так звані компоненти FODMAPs – фруктани – запускають комплекс реакцій, пов'язаних з синдромом подразненої кишки (СПК), і навіть іноді викликають серйозну осмотичну діарею [11]. Тому у рецептурі зраз «Зрази рибні з цибулею-порей» доцільна повна заміна пшеничного борошна на гречане, яке не тільки не містить глютен, але і має переваги за хімічним складом (табл.3) [12].

Аналіз хімічного складу яєць курячих і перепелиних, який представлений у таблиці 4, доводить, що вміст магнію, вітамінів B₁ і B₂ у перепелиних яйцях значно більше ніж у курячих, тому у рецептурі зраз «Зрази рибні з цибулею-порей» з метою підвищення біологічної цінності страви проведена повна заміна яєць курячих на перепелині.

Оцінку органолептичних показників зразків зраз донських (контроль) і зраз з «Зрази рибні з цибулею-порей» проводили за розробленою 5-ти бальною шкалою. Результати органолептичної оцінки, які представлені на рис.1. свідчать, що зразок зраз «Зрази рибні з цибулею-порей» має більшу площу порівняно з контролем. Таким чином, модифікація традиційної рецептури забезпечує отримання виробів з гармонійними органолептичними показниками.



Таблиця 3

Хімічний склад та енергетична цінність борошна пшеничного і гречаного на 100г [12]

Види борошно	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Мінеральні речовини, мг				Вітаміни, мг		Енергетична цінність, ккал/кДж
				К	Са	Mg	Р	В ₁	В ₂	
Пшеничне	10,8	1,3	69,9	122	18	16	86	0,17	0,04	334,5/1399,55
Гречане	13,6	1,2	71,9	130	42	48	250	0,4	0,18	352,8/1476,16

Таблиця 4

Хімічний склад та енергетична цінність яєць курячих і перепелиних на 100г [12]

Яйця	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Мінеральні речовини, мг				Вітаміни, мг		Енергетична цінність, ккал/кДж
				К	Са	Mg	Р	В ₁	В ₂	
Курячі	12,7	11,5	0,7	140	55	12	192	0,07	0,44	334,5/1399,55
Перепелині	11,9	13,1	0,6	144	54	32	218	0,11	0,65	167,9/702,439

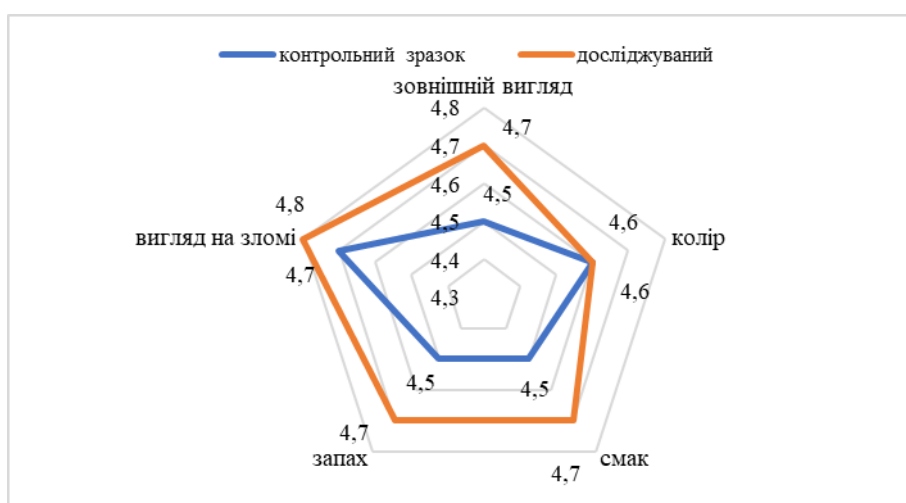


Рис. 1 Профілограма органолептичних показників якості зразків зраз донських (контроль) і зраз «Зрази рибні з цибулею-порей»

Рецептурний склад зраз «Зрази рибні з цибулею-порей», наведено у таблиці 5.

**Таблиця 5 - Рецепт зраз «Зрази рибні з цибулею-порей»**

№ пор.	Назва сировини	Маса сировини, г		Відповідність сировини нормативній документації
		Брутто	Нетто	
1	Білий амур	302	145	ДСТУ 7972:2015 «Риба та рибні продукти»;
2	Цибуля порей	50	21	ДСТУ 8595:2015 «Цибуля-порей свіжа. Технічні умови»;
3	Молоко мигдальне	7	7	ДСТУ ISO 9001 ISO 22000
4	Сухарі	2	2	ДСТУ 8708:2017 Сухарі панірувальні
5	Яйця перепелині	1шт	10	ДСТУ 4656:2006 «Яйця перепелині. Технічні умови»;
6	Петрушка (зелень)	8	6	ДСТУ 8645:2016 Зелень петрушки, селери та кропу сушена.
7	Борошно гречане	7	7	ДСТУ 7702:2015 «Борошно гречане. Технічні умови»;

Для зразків зраз донських (контроль) та «Зрази рибні з цибулею-порей» розраховано харчову та енергетичну цінність, вміст мінеральних речовин і вітамінів (таблиця 6).

Таблиця 6 - Харчова та енергетична цінність, вміст мінеральних речовин і вітамінів в зразках зраз донських (контроль) і зраз «Зрази рибні з цибулею-порей»

Найменування поживної речовини	Зрази донські (контроль), г/100 г продукту	«Зрази рибні з цибулею-порей», г/100 г продукту
1	2	3
Білки	19,1	30,0
Жири	11,3	9,8
Вуглеводи	36,6	7,2
Калорійність, ккал/кДж	324,4/1349,5	236,6/984,3
Мінеральні речовини		
Калій	286,5	587,2
Кальцій	44,1	82,2
Магній	46,1	63,2
Фосфор	259,8	454,0
Вітаміни, мг/100г продукту		
Вітамін В ₁	0,1	0,26
Вітамін В ₂	0,1	0,27
Вітамін С	5,6	16,37



Як видно з розрахунків зміна складових традиційної рецептури призвела до збільшення у новій страві вмісту білку, мінеральних речовин і вітамінів, що обумовлено багатим нутрієнтним складом вхідної сировини. Енергетична цінність страви зменшилась майже в 1,4 рази.

На рис. 2 представлені порівняльні результати визначення задоволення добової потреби у мінеральних речовинах і вітамінах дорослого населення (жінки і чоловіки) при споживанні 100 г зраз донських (контроль) та зраз «Зрази рибні з цибулею-порей» відповідно до рекомендацій МОЗ України.

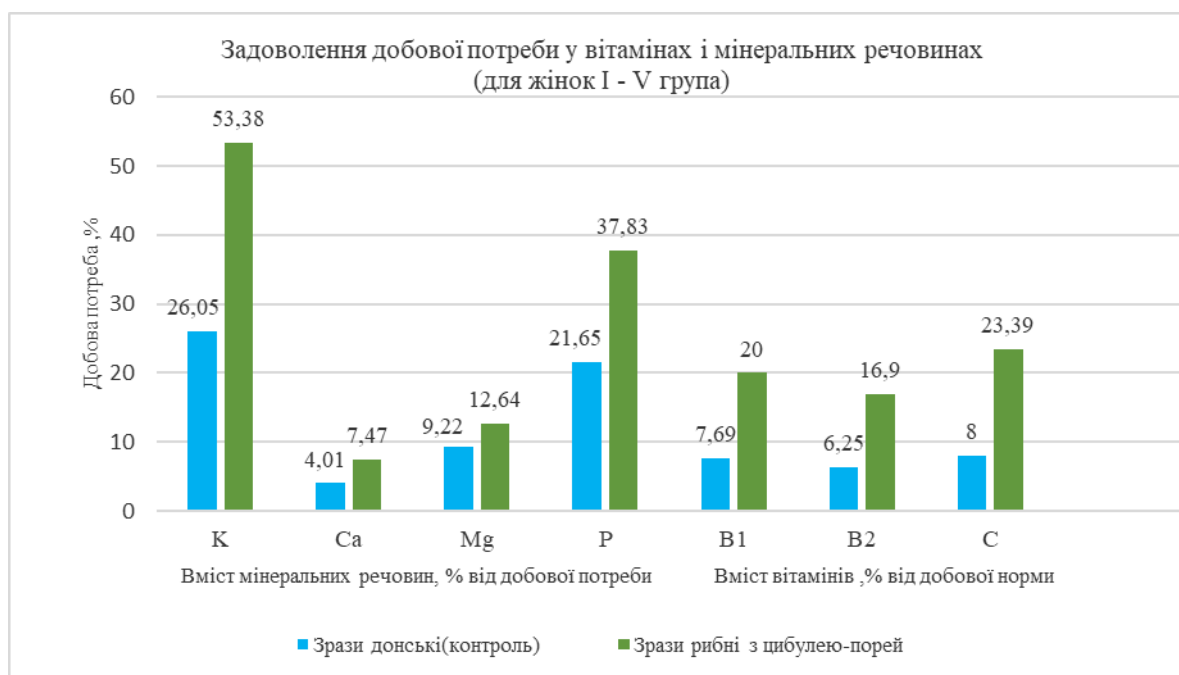
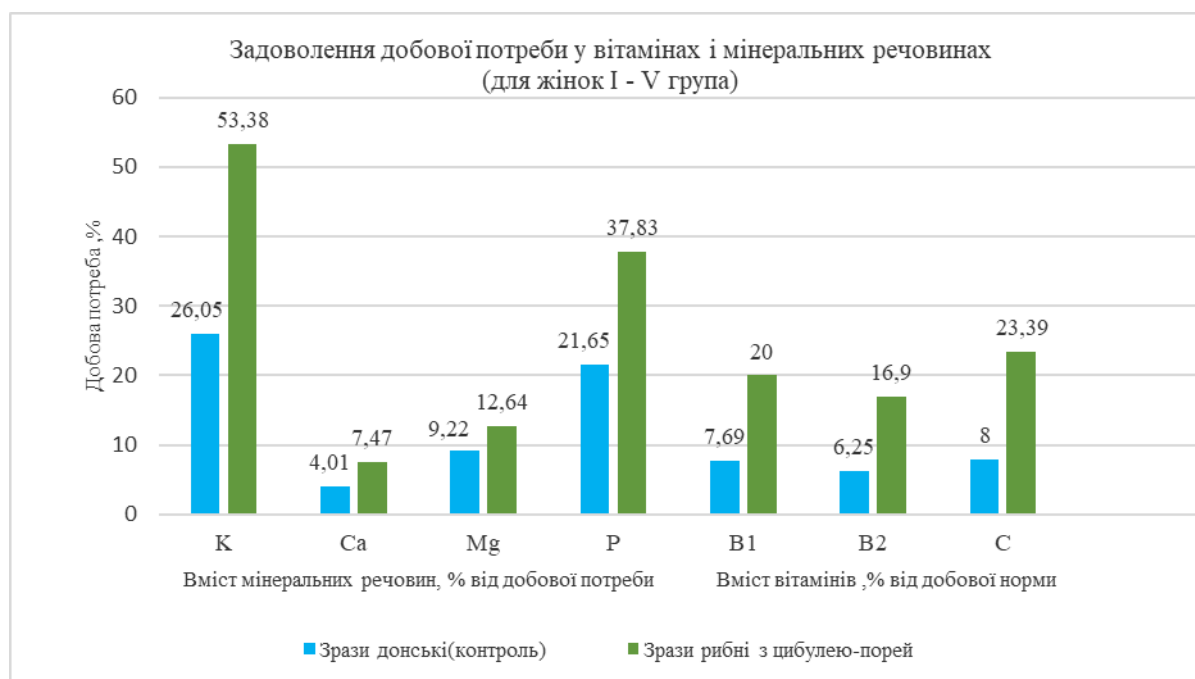


Рис. 2 Задоволення добової потреби дорослого населення у мінеральних речовинах і вітамінах при споживанні 100 г зраз донських (контроль) і зраз «Зрази рибні з цибулею-порей»



Аналіз діаграм рис. 2 свідчить, що рибні кулінарні вироби «Зрази рибні з цибулею-порей» мають вищі показники задоволення добової потреби у мінеральних речовинах і вітамінах як для чоловіків, так і для жінок порівняно з зразами донськими (контроль).

Висновки.

Доведено доцільність модифікації традиційної рецептури зраз донських за рахунок повної заміни основної сировини на філе білого амуру, часткової заміни складових фаршу на цибулю-порей, молоко мигдальне, борошно гречане і яйця перепелині для поліпшення їх органолептичних характеристик та підвищення біологічної цінності.

Встановлено, що у рибних виробах «Зрази рибні з цибулею-порей» порівняно із зразами донськими (контроль) підвищується вміст білку, мінеральних речовин і вітамінів за рахунок багатого хімічного складу вхідних компонентів. Енергетична цінність страви зменшилась майже в 1,4 рази.

Визначено ступінь забезпечення добової потреби у нутрієнтах для дорослого населення (жінок і чоловіків) страви «Зрази рибні з цибулею-порей» у таких як калій, кальцій, магній, фосфор, вітаміни B₁, B₂, C.

Отже, зрази «Зрази рибні з цибулею-порей» можуть бути використані для розширення асортименту рибних кулінарних виробів закладів ресторанного господарства і рекомендовані для широкого кола споживачів індустрії харчування.

Література:

1. Human nutrition [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.britannica.com/science/human-nutrition>
2. Колісниченко Т. О., Бабіч П. В., Вареник Т. С. Удосконалення технології страв із риби з метою підвищення їх харчової цінності. Вісник Харківського національного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків, 2016. Вип. 179: Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. С. 214-220.
3. Федорова Д.В. Обґрунтування вибору рослинної сировини для виробництва комбінованих рибо-рослинних напівфабрикатів. Частина 1-а / Д.В. Федорова//Харчова промисловість.- К.:НУХТ.-Том №22(20217).-С.6-15
4. Сидоренко О. В., Петрова О. О. Формування споживних властивостей рибних напівфабрикатів із додаванням креветки. *Товари і ринки*. 2019. № 4 (32). С. 80 - 89.
5. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий: Для предприятий общественного питания /Авт.- сост.: А.И. Здобнов, В.А. Цыганенко. - К.: Арий, 2015. - С. 229
6. Риба білий амур : шкода і користь : <https://elle.pp.ua/riba-bilij-amur-korist-i-shkoda/>
7. Allium porrum // Словник українських наукових і народних назв судинних рослин / Ю. Кобів. - Київ: Наукова думка, 2004. - 800 с. - ISBN 966-00-0355-2.
8. Калорийность Лук-шалот, сырой. Химический состав и пищевая



ценность: https://health-diet.ru/base_of_food/sostav/17104.php

9. Цибуля-порей - користь та шкода [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://medfond.com/korysni-produkty/cibulya-porei-korist-ta-shkoda.html>

10. Цибуля ріпчаста: хімічний склад, калорійність, корисні властивості Джерело: <https://dovidka.biz.ua/tsibulya-ripchasta-himichniy-sklad-kaloriynist-korisni-vlastivosti>

11. Непереносимість глютену без целиакії: як діагностувати і лікувати? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vz.kiev.ua/neperenosymist-glyutenu-bez-tseliakii-yak-diagnostuvaty-i-likuvaty/>

12. Скурихин И. М. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / И. М. Скурихин. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 224 с.

Abstract. The presented work presents the results of creating a recipe for "Fish dishes with leeks" with high biological value. The chemical composition of the main raw material of the dish - grass carp is analyzed and its advantages in the recipe composition are proved. The possibility of using leeks, almond milk, buckwheat flour, buckwheat eggs and quail eggs as a functional ingredient in the dish has been confirmed. The organoleptic parameters of the dish were studied, the nutritional, energy value and mineral-vitamin composition of the dish "Fish dishes with leeks" were calculated.

Keywords: Zrazy dons'ki, grass carp, leeks, almond milk, buckwheat flour, quail eggs, biological value.



УДК 664.16

SAFETY ISSUES OF EMULSION FOOD SYSTEMS WITH SUGAR GLYCERIDES**ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ ЕМУЛЬСІЙНИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ ІЗ ЦУКРОГЛІЦЕРИДАМИ****Bila G.M. / Біла Г.М.***s.c.s., as.prof. / к.х.н., доц.***Korobka Y.V. / Коробка Ю.В.***student / магістр**National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska str., 68, 01601**Національний університет харчових технологій, Київ, вул. Володимирська, 68, 01601***Antraptseva N.M. / Антрапцева Н.М.***d.c.s., prof. / д.х.н., проф.**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Geroev Oboroni, 15**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**Київ, Героїв Оборони 15, 02041*

Анотація. В роботі наведено та обговорено результати визначення безпеки та якості емульсійних харчових систем із цукрогліцерідами. Виконано мікробіологічний аналіз якості соусів з різним вмістом цукрогліцеридів. Визначено в їх складі наявність мікроорганізмів БГКП, МАФМ, дріжджів і плісняви, кисломолочних та спороутворюючих бактерій. Наведено порівняння одержаних даних з показниками, що затверджені ДСТУ, що свідчить про безпеку та високу чистоту дослідних зразків.

Ключові слова: харчова безпека, цукрогліцериди, мікробіологічний аналіз.

Вступ. Цукрогліцериди зареєстровані як харчова добавка Е474, дозволена у Європейському союзі для використання в якості емульгатора і стабілізатора олійно-водних емульсій у ряді харчових продуктів. Вона зберігає в'язкість і поліпшує консистенцію харчових продуктів [1-5].

Використання харчової добавки дозволяє розширити асортимент страв, покращити їх зовнішній вигляд і загальне оформлення: аромат, смак, доповнити хімічний склад, підвищити біологічну цінність страв та їх харчову безпеку.

Цукрогліцериди мають переваги перед багатьма іншими комерційними емульгаторами. Варіацією основних і допоміжних реагентів, їх співвідношення, умов та тривалості перебігу реакції можна отримати добавку, що має гідрофільно-ліпофільний баланс (ГЛБ) в межах 1–16. Цукрогліцериди з низьким і високим ГЛБ добре функціонують в емульсії вода в олії (в/о) та емульсії олія у воді (о/в), відповідно. Це означає, що варіюючи складом даного емульгатора можна зробити продукт із наперед заданим значенням ГЛБ для конкретної емульсії. Таким чином, здатність цукрогліцеридів працювати у широкому діапазоні ГЛБ робить їх не тільки “ідеальною”, а ще й досить конкурентоспроможною добавкою з емульгуючими властивостями [2-4].

Емульсійний соус являє собою складну багатокомпонентну, стійку у широкому діапазоні температур (від 0 до 18 °С), дрібнодисперсну емульсію, виготовлену з рафінованих, дезодорованих олій з додаванням емульгаторів, стабілізаторів, смакових добавок та прянощів.

Мета роботи – визначити якість та безпеку емульсійних харчових систем з цукрогліцерідами.



Об'єкти та методи дослідження. Розроблено рецептуру емульсійного соусу із додаванням цукрогліцеридів для підсилення емульгуючої дії існуючого емульгатора яєчного жовтка. Для дослідження харчової безпеки емульсійної дії харчової добавки виготовлено шість зразків емульсійного соусу з різною концентрацією цукрогліцеридів: від 2,5 г до 12,5 г, а також контрольний зразок без цукрогліцеридів.

Основними показниками якості харчового продукту є його мікробіологічна чистота, тому крім органолептичних та фізико-хімічних аналізів було проведено мікробіологічні посіви на різних середовищах.

Мікробіологічні посіви проводили згідно існуючих методик на середовищах: ЕНДО, ПА (пептонний агар), UBA (універсальний агар), OSA (апелсиновий агар/бульон) [6].

Результати та їх обговорення. Результати мікробіологічних досліджень наведено на рисунку 1.

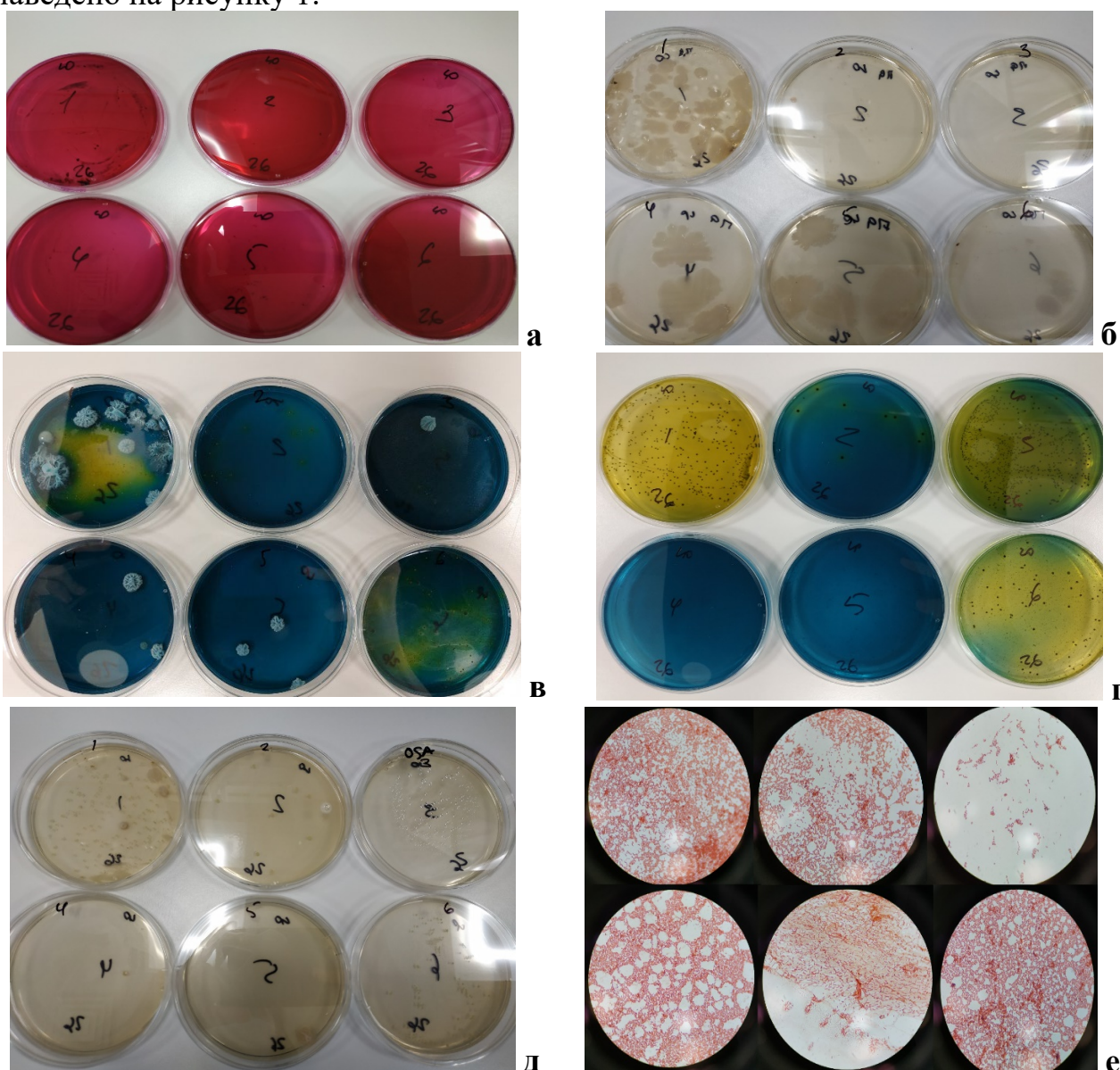


Рисунок 1 – Мікробіологічний посів на середовищі:
а) ЕНДО; б) ПА; в) UBA (аероби); г) UBA (анаероби); д) OSA;
е) зовнішній вигляд мікроорганізмів при збільшенні



Дані рисунку 1а свідчать, що на середовищі ЕНДО у всіх дослідних зразках відсутні мікроорганізми групи БГКП; на середовищі ПА (рисунок 1б) фіксується невелика кількість мікроорганізмів групи МАФAM, але їх кількість не несе шкоди для організму людини; на середовищі UBA (рисунок 1в, г) відсутні дріжджі та пліснява у всіх дослідних зразках, анаеробні мікроорганізми фіксуються у зразках №1, 2, 3, 6, крім зразків №4 і №5. На рисунку 1д (середовище OSA) у всіх зразках наявні кислотоутворюючі бактерії у невеликій кількості, що не несе шкоди для організму людини, а може призвести до окиснення і часткового псування продукту.

Дані мікробіологічних посівів на різних середовищах наведено у таблиці.

Таблиця – Мікробіологічні посіви на різних середовищах

№	ЕНДО	ПА	UBA (ae)	UBA (ane)	OSA
1	0	130; палички зі спорами, спори бацилярні(не роздувають клітину) розміщені центрально або субтермінально (трохи зміщена до кінця)	216; палички без спор	516; палички без спор	246; палички без спор
2	0	60; палички без спор	10; палички без спор	9; палички без спор	10; палички без спор
3	0	999; палички без спор	4; палички без спор	412; палички без спор	26; палички без спор, збираються у ланцюжки
4	0	8; палички зі спорами, (спори бацилярні не роздувають клітину) розміщені центрально або субтермінально (трохи зміщена до кінця)	6; палички без спор	0	2; палички без спор
5	0	10; палички без спор	6; палички без спор	0	2; палички без спор
6	0	40; палички без спор, збираються у ланцюжки	73; палички без спор	85; палички без спор	160; палички без спор

Як видно з таблиці для дослідних зразків соусів №4 і №5 спостерігається відсутність мікроорганізмів групи БГКП, дріжджів і плісняви, анаеробних мікроорганізмів, але у невеликій кількості наявні кислотоутворюючі бактерії та мікроорганізми групи МАФAM.

На рисунку 2 наведено результати якісного аналізу дослідних зразків на наявність спороутворюючих бактерій за допомогою NBB-b.

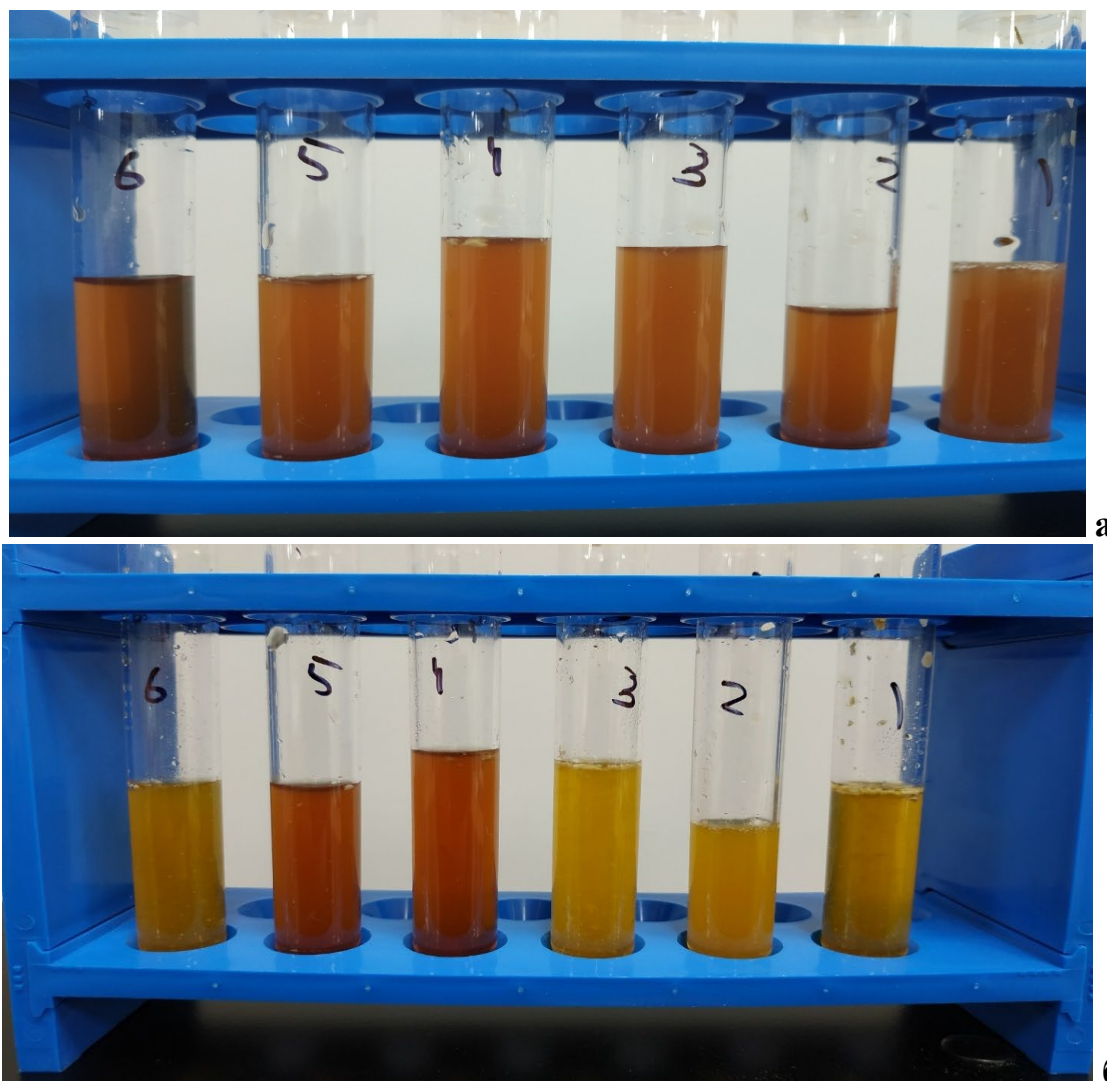


Рисунок 2 – Якісний аналіз дослідних зразків до (а) та після (б) виявлення спороутворюючих бактерій

Як видно з рисунку 2 позитивну реакцію дали зразки №1, №2, №3 та №6. Спороутворюючих бактерій не містять зразки соусів №4 та №5, що свідчить про їх високу чистоту.

Висновки.

1. Результати мікробіологічного аналізу свідчать про високу чистоту соусів із цукрогліцеридами та можливість їхнього використання у промислових кількостях.

2. Якісний аналіз на наявність спороутворюючих бактерій свідчить про високу чистоту соусів зразків № 4 і 5, що містять цукрогліцеридів 10,0 і 12,5 г/100 г, відповідно.

Література:

1. Ластухін О. Ю. Харчові добавки. Е-коди, будова, одержання, властивості : навч. Посібник : Львів центр Європи, –2009. –836 с.
2. Scotter M, Roberts D. Development of a method for sucrose esters (E473) and sucroglycerides (E474) additives in foods : Food Standards Agency Aviation Houseю. – 2005. – С. 47.



3. Viggo Norn. Emulsifiers in Food Technology : Juelsminde, Denmark: Wiley Blackwell, – 2015. – 358 с.

4. Scotter M., Roberts D. Development of a method for sucrose esters (E473) and sucroglycerides (E474) additives in foods : Food Standards Agency Aviation House, – 2005. – С. 47.

5. Домарецький В.А., Остапчук М.В., Українець А.І.. Технологія харчових продуктів: навч. посіб. – Київ : НУХТ, – 2003. – 572 с.

6. Джей Дж.М., Современная пищевая микробиология / Дж. М. Джей, Лёсснер М.Дж., Гольден Д.А. ; пер. 7-го англ. изд. – 2-е изд. (эл.). – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 886 с.

Abstract. *The results of determining the safety and quality of emulsion food systems with sugar glycerides are presented and discussed. Microbiological analysis of the quality of sauces with different sugar glyceride content was performed. The presence of microorganisms BGKP, MAFAM, yeast and mold, fermented milk and spore-forming bacteria was determined in their composition. A comparison of the obtained data with the indicators approved by DSTU, which indicates the safety and high purity of the prototypes.*

Key words: *food safety, sugar glyceridas, microbiological analysis.*

Статтю відправлено: 10.02.2022 р.

© Біла Г.М., Коробка Ю.В., Антрапцева Н.М.



УДК 633.812:631.5(477.43+477.85)

**BIOMETRIC INDICATORS OF NARROW-LEAVED LAVENDER
DEPENDING ON THE APPLICATION OF GROWTH BIOSTIMULATORS
IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE
БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЛАВАНДИ ВУЗЬКОЛИСТОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД
ЗАСТОСУВАННЯ БІОСТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Kusakovska N.M./ Кусаковська Н.М.

postgraduate / аспірант

Khomina V.Ya./ Хоміна В.Я.

doctor of agricultural sciences, Professor

Higher educational institution «Podillia State University»

Kamianets-Podilskyi, Shevchenko, str. 13, 32316

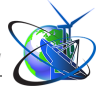
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет,
м. Кам'янець-Подільський, вул. Шевченка, 13, 32316

Анотація. Мета. Визначити кращий строк заготовки живців та встановити вплив біостимуляторів росту на укорінення живців та формування біометричних показників рослин лаванди вузьколистої при вирощуванні в умовах Західного Лісостепу України. **Результати.** У статті наведено відсоток укорінення живців лаванди вузьколистої за розмноження живцюванням залежно від строку заготовки живців та застосування біостимуляторів росту рослин Корневін та Вимпел. Встановлено, що більш ефективним був строк заготовки живців – після цвітіння маточних рослин (липень) порівняно із весняною заготовкою живців (квітень). Серед двох застосовуваних біостимуляторів більш ефективним виявився препарат Корневін, застосування якого сприяло укоріненню 98% живців, що на 17% перевищувало контрольний варіант (без препарату). При визначенні біометричних показників доведена ефективність застосування біостимуляторів росту Корневін та Вимпел. Встановлено, що оптимальний ефект отримано від препарату Корневін, застосування якого сприяло перевищенню контрольного варіанту за показниками: висоти рослин – на 4,2 см (11,5%), ширини куща – на 4,6 см (13,6%), довжини колосу – на 0,9 см (21,4%), кількості гілок 1-го порядку – на 4,8 шт (14,9%), кількості суцвіть – на 6,0 шт (4,2%) та кількості квіток в суцвітті – на 4,4 шт (15,0%). **Висновки.** Лаванду вузьколистому доцільно вирощувати в умовах Західного Лісостепу України. При розмноженні лаванди вузьколистої живцюванням більш ефективним був строк заготовки живців – після цвітіння маточних рослин (липень) порівняно із весняною заготовкою живців (квітень), більш ефективним виявився препарат Корневін, застосування якого сприяло укоріненню 98% живців, що на 17% перевищувало контрольний варіант (без препарату). Біометричний аналіз показав, що кращий ефект показав препарат Корневін, на цьому варіанті рослини сформувались більш високорослі, з більшою шириною куща, довжиною колосу, кількістю гілок 1-го порядку, кількістю суцвіть та квіток у суцвітті.

Ключові слова: лаванда вузьколиста, розмноження живцюванням, біометричні показники, біостимулятор росту.

Вступ.

Регулятори росту знаходять все більше застосування в сучасних технологіях виробництва продукції рослинництва. До них належать природні і синтетичні органічні сполуки, які у малих дозах активно впливають на обмін речовин рослин, викликаючи стимуляцію або пригнічення їх росту і морфогенезу.



Застосування біостимуляторів росту – це один із засобів підвищення продуктивності різних культур. В цьому напрямку сьогодні виконується ряд досліджень. Так, за результатами досліджень В.М. Прокопчука та ін. було встановлено, що за даними аналізу біометричних показників самшиту вічнозеленого, висота надземної частини живців на варіанті з використанням «Корневіна» становила 2,8 см. [1]. Горелов О.О. показав, що при застосуванні стимулятора «Корневін» навіть за малих концентрацій (0,5 г/л) відбувається утворення коренів вільхи [2]. Тому під дією цього препарату рослини найкраще вкорінюються. Окрушко С.Є. провела дослідження із застосуванням стимулятора росту «Вимпел» на овочевих культурах. Найкращі результати забезпечило використання цього препарату для замочування насіння та триразове обприскування культур протягом вегетації. Урожайність столового буряка зросла на 11,4–12,2%, а моркви на 13,2–13,7%, товарність відповідно на 4% і 6% [3]. В своїх дослідженнях С.Є. Окрушко засвідчила, що застосування стимуляторів росту веде до зростання врожайності й товарності капусти білоголової. Найкращі результати забезпечило використання препарату «Вимпел» для замочування насіння і триразове обприскування рослин. Урожайність капусти білоголової сорту Димерська 7 зросла на 8,5–11,8%, а сорту Харківська зимова на 6,3–10,1%, а товарність збільшилася відповідно на 4 % і 2%.[4]. Ірина Скоропляс у своїх дослідженнях визначила вплив регулятора росту «Корневін» на процес укорінення живців троянд. Коренеутворення відбувалося швидше й було укорінено найбільшу кількість живців, оброблених препаратом «Корневін». Калюс першим почав утворюватися на зрізах троянд групи витких троянд. Цей процес також протікав швидше в рослин, оброблених «Корневіном» [5].

Вище викладене свідчить про ефективність дії вказаних біостимуляторів при вирощуванні різних культур, проте дослідження в цьому напрямку на культурі лаванда вузьколиста нам не відомі, тому питання є актуальним і потребує детального вивчення.

Мета досліджень – визначення урожайності лаванди вузьколистої залежно від застосування біостимуляторів росту.

Матеріал і методика досліджень.

Дослідження виконувались на дослідних ділянках кафедри садівництва і виноградарства, землеробства та ґрунтознавства Подільського державного аграрно-технічного університету (зараз Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»). Виконувався дослід: строк заготовки живців за розмноження відгалуженнями (фактор А): І літній (липень), ІІ весняний (ІІ декада квітня); біостимулятор (фактор В): Корневін, Вимпел. Всі обліки, спостереження та аналізи виконувались відповідно до загальновідомих методик, зокрема: агротехніку вирощування, живцювання проводили за Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур, 1989 [6]; фенологічні спостереження і структуру репродуктивних органів рослин лаванди вузьколистої проводили за Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів квітково – декоративних, ефіроолійних, лікарських та лісових рослин на придатність до поширення в Україні, 2007. [7];



статистичний аналіз результатів досліджень проводили з використанням прикладної комп'ютерної програми Statistica-6 (Афифи А.А., 1982; Эрмантраут Э.Р., 2003;) [8, 9].

Попередник в наших дослідженнях – озима пшениця.. Після збирання попередника проводили лушення стерні, через 10–15 днів поле обробляли гербіцидом Трефлан, через 10 днів лушення повторювали корпусним лушильником. Після цього вносили мінеральні ($N_{100}P_{100}K_{40}$) й органічні добрива (40 т/га). Плантажну оранку проводили на глибину 45 см. Після оранки зяб вирівнювали і залишали на зиму [10].

Основна частина.

Корінь у рослини – це як фундамент будинку. Відповідно, чим міцніший і сильніший корінь, тим стійкіша і продуктивніша буде рослина. Однак через різні фактори процес коренеутворення може бути уповільненим. Як правило, це відбувається через невідповідний або виснажений ґрунт, погодних умов або при неправильному догляді. Також рослини можуть відчувати проблеми з коренеутворення під час посадки. Розв'язати дану проблему можливо. Для цього потрібно використовувати спеціальні препарати, які сприяють коренеутворенню та укоріненню рослин у відкритому ґрунті. До таких препаратів відносять біостимулятори Корневін, Вимпел та інші. За даними оригінаторів препаратів та науковців, що випробовували їх ефективність, обробка біостимуляторами, завдяки формуванню міцної кореневої системи, сприяє підвищенню стійкості рослин до несприятливих факторів, стимуляції цвітіння, підвищенню імунітету рослин, формуванню більшого габітусу рослин, зокрема покращенню біометричних показників рослин та показників структури урожаю.

Наші дослідження передбачали спосіб розмноження живцями, які мали зелений колір. Заготовляли живці після відцвітання на материнській рослині, а також рано-навесні. Для укорінення живців необхідно близько 1,5 місяці. На живцях було сформовано по декілька вузлів, довжина – біля 10 см. Висаджували живці у ґрунтосуміш, попередньо обробивши розчином з додаванням біостимуляторів. Не слід допускати перезволоження, поливи проводити при підсиханні верхнього шару ґрунтосуміші. Перші дні – слід тримати у затінку, а потім – при розсіяному освітленні.

За результатами досліджень кращим строком заготовки живців був літній (липень), відсоток укорінення живців на контрольному варіанті становив 76, що на 5% перевищувало показник укорінення живців за весняного строку заготовки (квітень) (табл. 1).

При застосуванні біостимуляторів більш ефективним був препарат Корневін, за якого відсоток укорінення живців при літній заготовці становив 98, що на 19% перевищувало контроль, а при весняній заготовці показник перевищував контрольний варіант на 17%. Препарат Вимпел забезпечив відсоток укорінення живців відповідно 90 та 83, тобто з перевищенням контролів на 11 та 8%.

Коли укорінені живці сформувались в рослини, їх висаджували у відкритий ґрунт, попередньо обробивши стінки посадкової ями порошком



Корневіну та розчином Вимпелу. Слід відмітити, що варіанти досліду, на яких використовували біостимулятори, вирізнялись від контрольного варіанту кращими біометричними показниками. Отже, кращий ефект показав препарат Корневін, на цьому варіанті рослини сформувались більш високорослі – з перевищенням контролю на 4,2 см, з більшою шириною куща, довжиною колосу, кількістю гілок 1-го порядку, кількістю суцвіть та квіток у суцвітті (табл.2). Максимальний коефіцієнт варіації 9,7% був у показника довжина колосу, в середньому за роки досліджень оптимальним 5,1 см цей показник був за застосування Корневіну, перевищення контролю становило 0,9 см, а варіанта з Вимпелом – 0,3 см.

Таблиця 1 - Укорінення живців лаванди вузьколистої залежно від строків їх заготовки та біостимуляторів росту, % (2019–2021 рр.)

Строк заготовки живців (А)	Без препарату (контроль)	Біостимулятор (В)			
		Корневін		Вимпел	
		факт.	± до контролю	факт.	± до контролю
Квітень	76	93	17	85	9
Липень	81	98	17	91	10

Таблиця 2 - Біометричні показники рослин лаванди вузьколистої залежно від застосування біостимуляторів росту, (середнє за 2019–2021 рр.)

Показник	Без біости- мулятора (контроль)	Препарат				V, %
		Корневін		Вимпел		
		факт.	± до контр.	факт.	± до контр.	
Висота рослини, см	36,5	40,7	4,2	38,9	2,4	5,4
Ширина куща, см	33,8	38,4	4,6	35,7	1,9	6,4
Довжина колосу, см	4,2	5,1	0,9	4,8	0,6	9,7
Кількість гілок 1-го порядку, шт	32,1	36,9	4,8	35,0	2,9	6,9
Кількість суцвіть на рослині, шт	140	146	6,0	144	4	2,1
Кількість квіток в суцвітті, шт	29,3	33,7	4,4	32,1	2,8	7,0

Важливими показниками структури урожайності лаванди вузьколистої є: довжина колосу, кількість суцвіть на рослині та кількість квіток в суцвітті, оскільки саме суцвіття є сировиною для отримання ефірної олії. Оптимальними вказані показники були у варіанті із застосуванням біостимулятора Корневін, кількість суцвіть перевищувала контроль на 6,0 штук на рослині, а кількість квіток у суцвітті – на 4,4 штук, що є досить



суттєвим. Препарат Вимпел теж забезпечив перевищення контролю за всіма досліджуваними біометричними показниками, зокрема показник кількості суцвіть на рослині перевищував контроль в середньому за три роки – на 4 штуки.

Оскільки біометричні показники мають різні одиниці виміру, прибавки до контролю, отримані від застосування біостимуляторів доцільно подати у відсотках. Таким чином, найбільш мінливими показниками були: кількість гілок 1-го порядку, кількість квіток у суцвітті та довжина колосу, відсоток, що складав перевищення контролю коливався в межах 9–21,4 (рис.1).

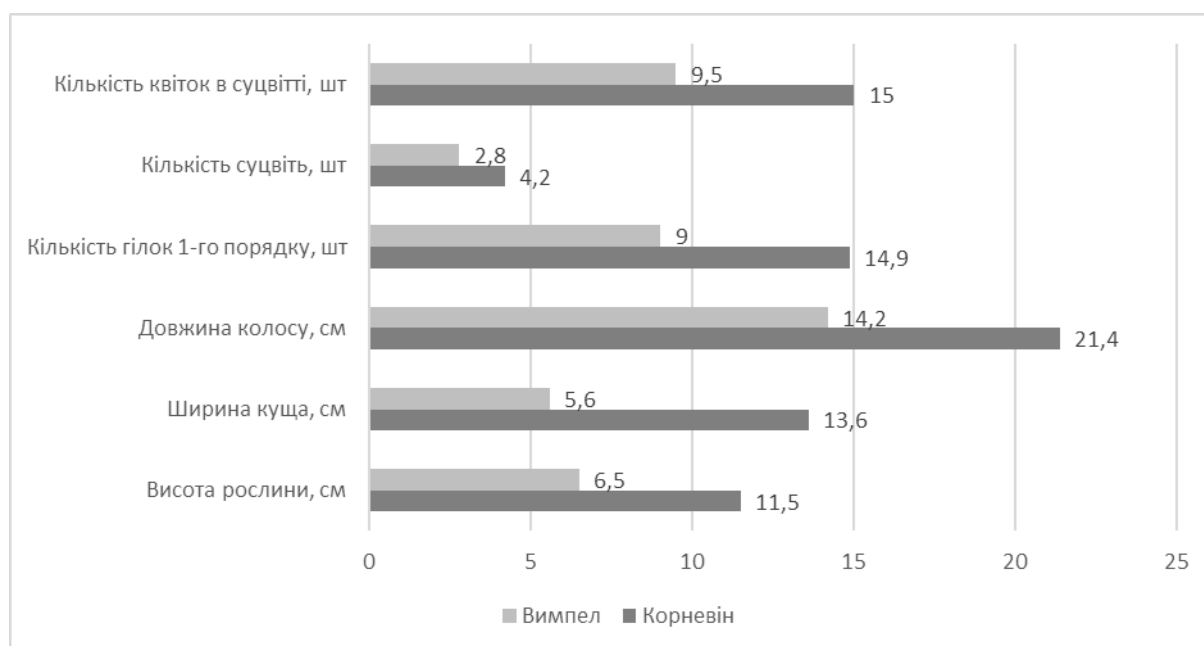


Рис.1. Прибавки до контролю за біометричними показниками лаванди вузьколистої, отримані на варіантах застосування біостимуляторів росту, % (середнє за 2019-2021 рр.)

Максимальні прибавки до контролю за всіма показниками структури рослин лаванди вузьколистої отримано у варіантах застосування біостимулятора Корневін. Найбільш вагомий вплив мав препарат на довжину колосу, цей показник зріс на 21,4%, тоді як у варіантах застосування препарату Вимпел показник становив 14,2%.

Висновки.

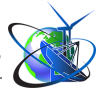
Дослідженнями встановлено, що при розмноженні лаванди вузьколистої живцюванням більш ефективним був строк заготовки живців – після цвітіння маточних рослин (липень) порівняно із весняною заготовкою живців (квітень). Серед двох застосовуваних біостимуляторів: Корневін та Вимпел більш ефективним виявився препарат Корневін, застосування якого сприяло укоріненню 98% живців, що на 17% перевищувало контрольний варіант (без препарату). Біометричний аналіз показав, що кращий ефект показав препарат Корневін, на цьому варіанті рослини сформувались більш високорослі, з більшою шириною куща, довжиною колосу, кількістю гілок 1-го порядку, кількістю суцвіть та квіток у суцвітті.



Література

1. Прокопчук В.М., Циганський В.І., Циганська О.І. Вплив стимуляторів росту на вкорінення живців самшиту вічнозеленого BUXUS SEMPERVIRENS L. в умовах закритого ґрунту. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2018, т.28, №7. Л. С. 57–59.
2. Горелов О.О. Використання стимуляторів коренеутворення при вегетативному розмноженні вільхи. *Науковий вісник Ужгородського університету*, Серія біологія, Випуск 27, 2010. С.125–127
3. Окрушко С.Є. Вплив стимуляторів росту на урожайність овочевих культур. *Сільське господарство та лісівництво*. Агрохімія, сучасні напрями застосування добрив. №5, 2017. С. 34–39
4. Окрушко С.Є. Вплив стимулятора росту Вимпел на врожайність капусти білоголової. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва*. Серія «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». №1, 2017. С.140–145.
5. Скоропляс І. Живцювання троянд на різних субстратах в умовах Кременецького ботанічного саду. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. Розділ І. Ботаніка.7, 2016. С. 54–59.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Москва, 1989. 194 с.
7. Методика проведення експертизи сортів лаванди вузьколистої (*Lavandula angustifolia* Mill.) на відмінність, однорідність і стабільність, 2007. Охорона прав на сорти рослин. Офіційний бюлетень. 2007. №3. ч.3. 9 с.
8. Афифи А.А., Эйзен С.П. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ, Москва., 1982. 488 с.
9. Эрмантраут Э.Р. Статистический анализ многофакторных экспериментов. Санкт-Петербург, 2003. С. 70–73.
10. Ефіроолійні рослини. Навчальний посібник. / [Бахмат М.І., Кващук О.В., Хоміна В.Я., Загородний М.В., Сучек М.М.] Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2012. 312 с.

Abstract. *The purpose* is to determine the best time for harvesting cuttings and to establish the influence of biostimulators of growth on rooting cuttings and the formation of biometric indicators of narrow-leaved lavender plants when grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. **Results.** *The article shows the percentage of rooting of lavender cuttings for propagation by cuttings depending on the time of harvesting cuttings and the use of biostimulators of plant growth Kornevin and Vympel. It was found that the term of harvesting cuttings was more effective - after flowering of mother plants (July) compared to spring harvesting of cuttings (April). Among the two biostimulants used, Kornevin proved to be more effective, the use of which contributed to the rooting of 98% of cuttings, which is 17% higher than the control variant (without the agent). In determining the biometric indicators, the effectiveness of the use of growth stimulants Kornevin and Vimpel has been proven. It was found that the optimal effect was obtained from the agent Kornevin, the use of which contributed to exceeding the control variant in terms of: plant height - by 4.2 cm (11.5%), bush width - by 4.6 cm (13.6%), ears length - by 0.9 cm (21.4%), the number of branches of the 1st order - by 4.8 pieces (14.9%), the number of inflorescences - by 6.0 pieces (4.2%) and the number of flowers in the inflorescence - by 4.4 pieces (15.0%).* **Conclusions.** *Narrow-leaved*



lavender should be grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. When propagating narrow-leaved lavender by cuttings, period of cuttings after flowering mother plants (July) compared to spring cuttings (April) was more effective, Kornevin was more effective agent, the use of which helped to root 98% of cuttings, which is 17% higher than the control variant without preparation). Biometric analysis showed that the best effect was shown by the agent Kornevin, in this variant the plants formed taller, with a larger bush width, ear length, number of branches of the 1st order, number of inflorescences and flowers in the inflorescence.

Key words: *narrow-leaved lavender, propagation by cuttings, biometric indicators, biostimulator of growth.*



УДК 631.56:633.15

DYNAMICS OF CORN GRAIN HUMIDITY DEPENDING ON STORAGE CONDITIONS**ДИНАМІКА ВОЛОГОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ЗБЕРІГАННЯ****Zavadska O./Завадская О.В.***s.a.-g.s. as.prof./к. с.-г.н., доц.,**ORCID: 0000-0002-5409-0115***Bondareva L. / Бондарева Л.М.***s.a.-g.s. as.prof./к. с.-г.н., доц.,**ORCID: 0000-0002-8171-2338***Ivashchenko Yu./ Іващенко Ю.В.***st./ студент**НУБіП України, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, 03041**NULES of Ukraine, Kiev, Geroiv Oborony, 13, 03041*

Анотація. У статті наведено результати дослідження зміни вологості зерна кукурудзи трьох гібридів, вирощених в умовах Полісся України, залежно від способів та термінів зберігання. Встановлено, що на інтенсивність зміни вологості зерна кукурудзи суттєвіше впливають способи зберігання, порівняно з сортовими особливостями. Досліджено, що за тривалого зберігання зерна кукурудзи у багатошарових полімерних рукавах, коливання його вологості мінімальні й відбуваються у межах 0,2-0,3 %.

Ключові слова: кукурудза, зерно, гібрид, якість, вологість, умови зберігання

Кукурудза – основна культура на світовому та українському ринку, попит на яку щорічно стабільно зростає. Інколи період зберігання зерна може перевищувати період його вирощування. За цього, накопичуються великі партії зерна різного цільового призначення, які потребують швидкої стабілізації. Для гарантування продовольчої безпеки, можливості експортування зерна протягом року за вигідними цінами, важливе значення має організація правильного його зберігання [1,4].

Можливість тривалого зберігання зерна кукурудзи залежить від багатьох факторів, серед яких важливе значення мають сортові особливості, підготовка його до зберігання та безпосередньо умови зберігання [2].

Найпоширенішим способом зберігання зерна кукурудзи на сьогодні є зберігання сухого зерна насипом у стаціонарних сховищах. У зв'язку із значним збільшенням валових зборів зерна протягом останніх років відчувається дефіцит стаціонарних сховищ і виробники все частіше використовують для зберігання поліетиленові рукави. Вирішальним фактором, що визначає інтенсивність проходження фізіологічних процесів під час доробки й зберігання зерна, незалежно від типу сховищ та сортових особливостей, є його вологість [2,4]. Тому дослідження впливу умов, терміну зберігання та сортових особливостей на зміни вологості зерна кукурудзи, є актуальними.

Методика досліджень.

Дослідження в умовах СВК "Зоря» Чернігівської області, яке розташоване в зоні Полісся протягом 2020-2021 рр. Для виконання поставлених завдань було проведено двофакторний дослід, для якого використали зерно кукурудзи іноземної селекції провідних селекційних компаній, а саме: ДКС 3770



(оригінація компанія Монсанто) (контроль), Каньйонс (КВС) та Феном (Сингента). Всі досліджувані гібриди занесені до Реєстру сортів рослин у 2016 р., поширені у виробництві та придатні для вирощування на зерно в умовах Полісся.

Аналіз якості насіння та безпосередньо дослідне зберігання його проводили в навчально-науковій лабораторії кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика НУБіП України за загальноприйнятими методиками [3]. Зерно зберігали протягом 9 місяців у сухому стані в умовах звичного сховища (контроль) та моделювали умови зберігання у багатошарових полімерних мішках.

Режим зберігання зерна в сухому стані, який застосовували в дослідження за обох способів зберігання, заснований на висушуванні зерна до сухого стану, введення його у стан глибокого ксероанабіозу. Інтенсивність дихання зерна та всіх компонентів зернової маси за цього значно уповільнюється. Крім того, відсутність вільної вологи унеможливорює розвиток мікроорганізмів та запобігає псуванню зерна [4]. Тому саме такий режим зберігання є найпоширенішим не тільки в нашій країні, але й світі.

Результати досліджень.

Відразу після збирання вологість зерна залежала від сортових особливостей і коливалася в межах 20,4-25,0 %. Суттєво нижчою, порівняно з контролем, була вологість зерна гібриду Феномен – 20,4 %, що на 4,6 % менше, ніж у зерна гібриду ДКС 3730. Для доведення зерна до стійкого стану, підготовки його до тривалого зберігання, відразу після надходження на тік проводили доробку.

Зерно кукурудзи досліджуваних гібридів закладали на тривале зберігання з вологістю 13,2-14,2 %. Протягом періоду зберігання цей показник зазнавав помітних змін та залежав як від сортових особливостей, так і способів зберігання (рис. 1).

Виявлено, що на інтенсивність зміни вологості суттєвіше впливали способи та строки зберігання, менш помітно – сортові особливості. Протягом першого місяця зберігання відбувалися непомітні коливання вологості, (відбувалося незначне зниження у межах 0,1 %) тому на діаграмі представлено дані до зберігання та через три місяці (другий облік).

Як свідчать дані досліджень, вологість досліджуваного зерна усіх гібридів протягом перших трьох місяців зберігання знижувалася. Відчутніші зміни були у зерна, що зберігалося в умовах звичайного сховища – на 0,4-0,5 %, порівно з початковим значенням. Вологість зерна, що зберігалося у рукавах, протягом цього періоду зберігання, знижувалася не так суттєво – у середньому на 0,2 %. У цей період обліку зерно всіх гібридів було найсухішим: 12,7-13,8 % в умовах звичайного сховища та 13,0-14,0 – у поліетиленових мішках. Можна зробити висновок, що протягом перших трьох місяців вологість зерна у звичайних сховищах зменшується інтенсивніше, ніж у рукавах. Це можна пояснити процесами післязбирального дозрівання, що відбуваються у зерні. Очевидно, що сприятливішими для їх проходження у цей період є умови звичайного сховища.

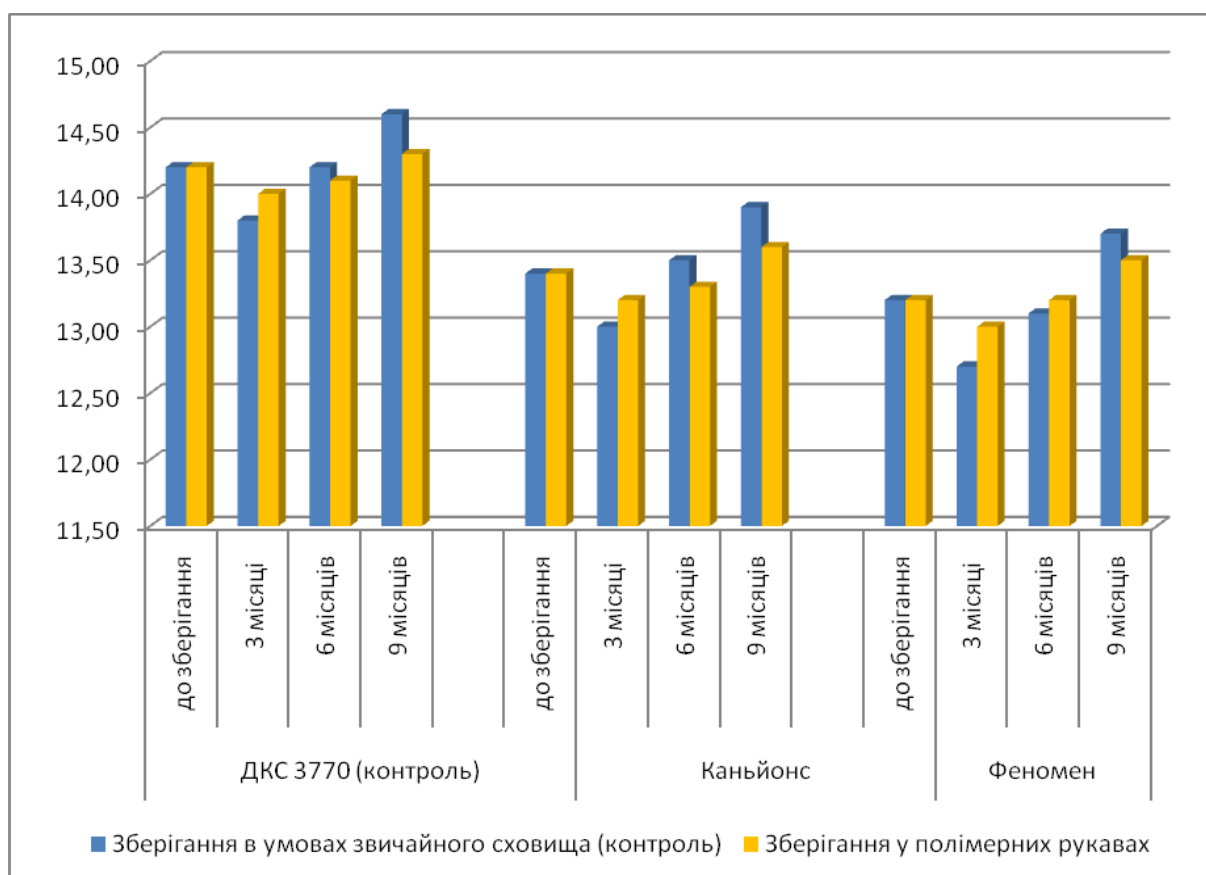


Рис. 1. Динаміка вологості зерна кукурудзи різних гібридів залежно від способу та терміну зберігання (%), урожай 2020 р.

Під час наступного обліку через 6 місяців виявили підвищення вологості всіх зразків, більше помітне у зерні, що зберігалися в умовах звичайних сховищ, – порівняно з попереднім терміном на 0,3-0,5 %. У зразках, що зберігалися без доступу кисню в полімерних пакетах, вологість через 6 місяців зберігання тех. зростала, однак не так суттєво – на 0,1-0,2% і коливалася в межах 13,2-14,1 %. Найвище значення цього показника в усі періоди обліку було у зерна гібрида ДКС 3770 (контроль) – 14,1%, а найнижче – у гібрида Феномен – 13,2 %.

У процесі подальшого зберігання також виявили підвищення вологості зерна усіх гібридів, суттєвіше у тих, що зберігалося в умовах звичайного сховища. Під час кінцевого обліку, через 9 місяців, вологість підвищувалася помітніше, порівняно з попереднім обліком, у середньому на 0,5-0,6 % в умовах звичайного сховища та на 0,2-0,3 % – у поліетиленових пакетах. На кінець зберігання найвища вологість була у зерна контрольного варіанту, гібрида ДКС 3770 за його зберігання в умовах звичайних сховищ, – 14,6 %, а найменша – гібрида Феномен, що зберігалося у рукавах, – 13,5 %.

Отже, вологість зерна кукурудзи протягом зберігання дещо змінюється і залежить не тільки від термінів, а й способів зберігання. Протягом перших трьох місяців відбувається зниження цього показника, що можна пояснити процесами післязбирального дозрівання. Найсухіше зерно було в гібрида Феномен через три місяці зберігання в умовах звичайного сховища – 13,0 %, що на 0,8 % менше, порівняно з контролем. Надалі вологість у всіх зразках



зростала, помітніше у зерна, що зберігалось в звичайних умовах. Найвологіше зерно протягом усього періоду зберігання було у гібрида ДКС 3770 (контроль) через 9 місяців зберігання в умовах звичайного сховища – 14,6% – на 0,7-0,9 % більше, порівняно із зерном інших гібридів.

Помітніші коливання вологи виявлено за зберігання зерна в умовах звичайних сховищ. Тобто, спосіб зберігання у полімерних пакетах, що моделює зберігання у польових умовах у багатошарових рукавах, мінімізує зміни вологості зерна протягом його зберігання, коливання її відбуваються у межах 0,2-0,3 %.

Однак, вологість зерна всіх досліджуваних зразків незалежно від способу протягом усього періоду зберігання не перевищувала допустимих для кукурудзи 15 %. Зерно зберігали у сухому стані за вологості на початку зберігання 13,2-14,2, а в кінці його – 13,5-14,6 %. Така вологість забезпечує підтримання у стабільному стані органолептичних показників, унеможливорює втрати якості через діяльність шкідливих мікроорганізмів. Під час кінцевого аналізу зерно всіх досліджуваних зразків було у здоровому стані, мало характерний блиск, запах та смак, було без ознак проростання, пліснявіння та інших відхилень.

Висновки.

Зміни вологості зерна залежить від термінів та способів зберігання. Протягом перших трьох місяців відбувається зниження вологості, що можна пояснити процесами післязбирального дозрівання. Найсухіше зерно було в гібрида Феномен через три місяці зберігання в умовах звичайного сховища – 13,0 %, що на 0,8 % менше, порівняно з контролем. Надалі вологість у всіх зразках підвищувалася, особливо у зерна, що зберігалось в умовах звичайних сховищах. Зберігання зерна у багатошарових рукавах, без доступу кисню дозволить мінімізувати підвищення вологості зерна у процесі його тривалого зберігання, коливання відбуваються у межах 0,2-0,3 %.

Література:

1. Завадська О.В., Іщенко А.М. Якість зерна кукурудзи різних гібридів / О.Завадська, А. Іщенко // Modern Scientific Researches. – Issue №13, Part 2, Agriculture (Yolnat PE, Minsk, 2020). – С. 88-91.
2. Завадська О.В., Іщенко А.М. Вплив сортових особливостей та умов зберігання на біохімічні показники якості зерна кукурудзи / О. Завадська, А. Іщенко // Международное периодическое научное издание SWorld Journal. – вып. №7, март 2021, Часть 3. – Svishtov, Bulgaria С. 95-99.
3. Скалецька Л.Ф. Методи досліджень рослинницької сировини: навчальний посібник / Л.Ф. Скалецька, Г.І. Подпрятков, О.В. Завадська. – К.: Центр інформаційних технологій, 2013. – 242 с.
4. Шпаар Д. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання / Під редакцією Д. Шпаара – М: Агродело, 2009. – 560 с.

Abstract. The article presents the results of the study of changes in the moisture content of corn grain of three hybrids grown in the Polissya region of Ukraine, depending on the methods and terms of storage. It was found that the intensity of changes in corn grain moisture is significantly



influenced by storage methods, compared with varietal characteristics. It was investigated that during long - term storage of corn grain in multilayer polymer sleeves, fluctuations in its humidity are minimal and occur in the range of 0.2-0.3%.

Key words: corn, grain, hybrid, quality, humidity, nature, storage conditions

© Завадська О.В., Бондарєва Л.М., Іващенко Ю.В.



УДК 619:614.31:637.56

TRACKING AND INFORMING ON THE PROGRESS OF FISHERY PRODUCTS**ВІДСТЕЖЕННЯ ТА ІНФОРМУВАННЯ ЗА ХОДОМ ТОВАРОПРОСУВАННЯМ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ****Prylipko T.M. / Приліпко Т.М.,***d.a.s., prof. / д.с.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

Koval T.V., / Коваль Т.В.*s.a.s., as.prof. / к.с.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-7132-5887

*Higher education institution Podolsk State University,**Kamianets-Podilskyi, Shevchenko, 13, 32300**Заклад вищої освіти Подільський державний університет*

Abstract. Tracking and informing on the progress of a food product is the basis for ensuring the identification and proper management of all relevant hazards and risks of food production at each link within the food chain. It was found that the content of toxic elements, pesticides, radionuclides of the studied batch of fresh-frozen fish complied with paragraph 3.1., And microbiological - paragraph 3.1.2 "Mandatory minimum list of studies of raw materials, products of animal and plant origin, feed, feed, vitamin preparations, etc., which should be carried out in state laboratories of veterinary medicine and the results of which are issued veterinary certificate (f-2) ", approved. State Department of Veterinary Medicine of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine 03.11.1998, № 16 (as amended on 18.11.2003, № 87, registered in the Ministry of Justice on 28.04.2004, № 549/9148). The amount of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms (KMAFanM) was 30×10^3 CFU / g (norm - 1×10^5 CFU / g), BGKP (coli-forms) in 0.001 g, pathogenic microorganisms (including salmonella), *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in 0.01 g - not isolated. The content of radionuclides Cs137 was < 6.7 Bq / kg at the norm of not more than 130 Bq / kg, Sr90 - < 4.2 Bq / kg (norm - not more than 100 Bq / kg).

Key words: nutrition, fish promotion, products, toxicity, pesticides, quality, food safety, pollutants.

Introduction.

Control and supervision of products of animal origin ensures the safety of all food products during their production, transportation, storage, processing and circulation, suitability for consumption, compliance with the requirements for safety and quality [1], ensures compliance with labeling rules in accordance with DSTU 4518- 2008 "Food. Labeling for consumers ", which came into force in Ukraine on 01.11. 2008 and regulates clear requirements for packaging and labeling of products [2].

Food safety is a priority at all stages of the food chain - "from the field - to the table". According to the Law of Ukraine "On Food Safety and Quality", producers and companies of the food chain are responsible for the safety of animal products [1, 3, 4]. The food safety risk assessment has the following steps: hazard identification; hazard characteristics; assessment of expectations; risk characteristics.

The level of development of society and awareness of food problems have



turned food safety into an international problem. The WHO and other international bodies have been working hard on these issues for over 40 years.

Today in our country the content of various toxicants in food is monitored. The state monitoring program identifies groups of pollutants that are subject to control. Among the dangerous toxicants that can accumulate in food include pesticides, radionuclides, heavy metals and others. Regulators must fully fulfill their responsibilities to ensure safety and reduce the risks associated with food consumption.

It is known that there are about 6 million chemical compounds in the environment, 90% of which are of synthetic origin. The vast majority of them are xenobiotics [6].

The entry of xenobiotics into the environment is associated primarily with anthropogenic pressure on ecosystems - increasing industrial production, the use of environmentally hazardous technologies in production, the accumulation of hazardous toxic waste, chemical chemicals and more. In the environment, xenobiotics undergo transformation processes, which change their physicochemical properties, migration ability, toxicity to living organisms. In most cases, the mechanisms of ecosystem self-regulation are insufficient for the complete transformation of toxic substances into non-toxic compounds, which has negative environmental consequences [3].

Transformation of xenobiotics in the environment greatly complicates the environmental regulation of various pollutants. The negative impact of xenobiotics on living organisms is due to both direct toxic effects and their accumulation in various parts of the food chain, resulting in a sharp increase in the concentration of hazardous substances in living organisms [1]. Xenobiotics can affect almost all body systems: cardiovascular, nervous, excretory, respiratory, reproductive, gastrointestinal and hematopoietic organs. Xenobiotics include substances that can inhibit the synthesis of DNA and RNA, and those that have mutagenic, teratogenic and carcinogenic properties [5].

The urgency of the problem.

Food control is a mandatory regulatory action carried out in the process of ensuring the implementation of laws and other regulations on food by state or local authorities in order to protect consumer rights.

The security of food and food raw materials is one of the crucial components of economic and social security of each state and is determined by the country's ability to effectively control the production and import of safe and quality food on a universally recognized basis. However, food safety is very closely linked to the safety of the environment, depending on it and influencing it during production. The main principles of safety and quality regulation are contained in the Law of Ukraine "On Basic Principles and Requirements for Food Safety and Quality", Regulation (EC) of the European Parliament and of the Council № 178/2002, which sets out general principles and requirements of food law . [1].

Traceability helps to obtain information on the suitability, history and source of food and does not make them safe, but it is a management tool that ensures safety and allows action to be taken if raw materials or products prove unsafe (eg withdrawal or



recall).

Material and methods of research.

The aim of our work was to determine the content of some pollutants of chemical (heavy metals, pesticides, radionuclides) and biological (microbiological indicators) origin in live commercial fish and compare the results with the requirements of current domestic documents. The material for the study was live commercial fish (crucian carp, carp, silver carp), grown in various private fish farms in the Chernivtsi region. The analysis of the content of xenobiotics in frozen fish products was carried out (identification numbers 000316i / 1/13, 000316i / 2/13, 000316i / 3/13)

Research results.

The standards of traceability of fisheries and aquaculture products are: three standards developed by the Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture on the basis of consensus for registration and exchange of traceability information in the seafood network (aquaculture standard, caught fish standard and technical standard); *CEN(EKC) TraceFood (TraceCore XML* – electronic exchange of traceability data).

The purpose of traceability - identification of responsible organizations in the food chain, maintaining safety and / or quality of fishery and aquaculture products, compliance with technical conditions of the customer, establishing their origin or source, facilitating verification of specific product information, providing information to relevant stakeholders and customers, compliance any local regional, national or international legislation or regulations, where appropriate - improving the efficiency, productivity and profitability of the organization, facilitating the withdrawal or recall of products.

According to Directive 96/23 of 29.04. 1996 on measures to control certain substances and their residues in live animals and products of animal origin, an important part of quality control and food safety for the vast majority of EU countries is the monitoring of xenobiotic residues in the environment (soil, water, agricultural product).

Establish acceptable levels and frequency of detection of contaminant residues. Such an analysis makes it possible to make changes in the policy of export and import of food products. Monitoring programs are based on European documents such as EU Regulations № 178/2002 and № 882/2004, Council Directive 86/363 / EEC, the provisions of the Recommendations of the EU Commission № 2006/26, which provide for the coordination of its programs aimed at compliance with the maximum -permissible levels (MDR) of agricultural products. At present, the issue of organizing, implementing and controlling integrated multi-annual monitoring plans developed in accordance with the requirements of the Regulation of the EU Parliament and Council № 882/2004 is very important for European countries.

The implementation of the tracking system provides an opportunity to identify the origin of raw materials and the place of its processing at any specified stage of the food chain from production to sale, in accordance with the objectives of inspection and certification of fishery and aquaculture products, rinciples of tracking (tracking) of products as a tool in the system of control and certification of food products,



regulated by the requirements of CAC / GL 60-2006.

The key elements of the traceability system are: an exclusive list of suppliers; receiving information at the entrance and keeping records (supplier, supplier batch code, operator batch code); batch separation during processing and storage, when batches of raw materials (batch coding of the final product) change; sending accompanying records (consignee, batch code of the supplier; storage of records and return (minimum period).

In the case of any fishery and aquaculture consignment, the operator must ensure that the management and accounting process is in place to keep, as far as practicable, the integrity of the information provided to the operator by the fishery supplier; transmission of information on shipment to the consignee, which further allows the operator to identify the supplier and any traceability information transmitted to the operator by the supplier.

Table - The content of xenobiotics in the batch of commercial fish

	Indexes	
	Actual content	Norm
Plumbum	0,132 ±0,06	1,0
Cadmium	0,031 ±1,4	0,2
Arsenic	0,98 ±1,3	5,0
Mercury	0,012 ±0,2	0,5
HCH α-isomers	0,001 ±0,04	0,2
4,4-DDD	0,001±0,2	0,2
4,4-DDT	0,001 ±0,2	0,2
4,4-DDE	0,001 ±0,1	0,2

It was found that the mass fraction of lead in the studied samples of fresh-frozen fish products was 0.132 mg / kg (norm - 1.0 mg / kg), cadmium - 0.031 mg / kg (0.2 mg / kg), arsenic - 0.98 mg / kg (5.0 mg / kg), mercury - 0.012 mg / kg (0.5 mg / kg). The content of HCG α-isomers - <0.001 mg / kg (0.2 mg / kg), HCG β-isomers - <0.001 mg / kg (0.2 mg / kg), HCG γ-isomers - 0.001 mg / kg (0, 2 mg / kg); 4,4-DDT - 0.001 mg / kg (0.2 mg / kg) 4,4-DDE - 0.001 mg / kg (0.2 mg / kg); 4,4-DDD - 0.001 mg / kg (0.2 mg / kg).

The amount of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms (KMAFanM) was 30x10³ CFU / g (norm - 1x10⁵ CFU / g), BGKP (coli-forms) in 0.001 g, pathogenic microorganisms (including salmonella), *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in 0.01 g - not isolated. The content of radionuclides Cs137 was <6.7 Bq / kg at the norm of not more than 130 Bq / kg, Sr90 - <4.2 Bq / kg (norm - not more than 100 Bq / kg).

Conclusions.

1. Monitoring and information on the progress of a food product shall be the basis for ensuring the identification and proper management of all relevant hazards and risks of food production at each link within the food chain.



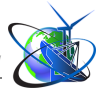
2. According to the content of toxic elements, pesticides, radionuclides, the tested batch of fresh-frozen fish corresponded to item 3.1., And according to microbiological - item 3.1.2 "Mandatory minimum list of studies of raw materials, products of animal and plant origin, feed, feed drugs, etc., which should be carried out in state laboratories of veterinary medicine and based on the results of which a veterinary certificate is issued.

References

1. Shevchenko RI Ecological safety of food products: definition of the concept / RI Shevchenko, IS Krestinkov, AS Obukhova // Food Science and Technology. - 2015. - №1. - P. 65-70.
2. Ermolaeva TV On the question of environmental safety of food products: the dangers of modernity / TV Ermolaeva // Bulletin of the Kharkiv National University named after VN Karazin. Series: Right. - 2016. - Issue. 22. - P. 141-144
2. Commission Regulation (EC) № 889/2008 of 5 September 2008. Detailed rules on organic production, labeling and control for the implementation of Council Regulation (EC) №834 / 2007 on organic production and labeling of organic products.
3. Natural honey. Technical conditions: DSTU 4497: 2005. Valid from 2005-12-28. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2007. - 21 p. (National standard of Ukraine).
4. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety // Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects» (Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016).
5. T. Prylipko, V.Kostash, T.Koval, A.Shuliar, V. Tkachuk, A.Shuliar. Modeling of microbiological and biochemical processes under the conditions of steam contact sterilization in containers of turkey meat pate. INDEPENDENT JOURNAL OF MANAGEMENT & PRODUCTION (IJM&P). v. 12, n. 3, Special Edition ISE, S&P – May 2021. p.p. 318-334. [http:// www.ijmp.jor.br](http://www.ijmp.jor.br). ISSN: 2236- 296X. DOI: <http://dx.doi.org/10.14807/ijmp.v12i3.1444>
6. Prylipko T.M., KostashV.B., Fedoriv V.M. Technological and physicochemical parameters of semi-finished poultry meat depending on the method of manufacture MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien, Germany, Karlsruhe 2021, Part 2, no. 15, P. 119-123

Анотація. Відстеження та інформування за ходом товаропросування харчового продукту є основою для забезпечення ідентифікації та належного керування всіма відповідними небезпечними чинниками та ризиками виробництва харчового продукту на кожній ланці у межах харчового ланцюга.

Встановлено, що за вмістом токсичних елементів, пестицидів, радіонуклідів досліджувана партія риби свіжомороженої відповідала п. 3.1., а за мікробіологічними – п. 3.1.2 «Обов'язкового мінімального переліку досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження, комбікормової сировини, комбікормів, вітамінних препаратів та ін., які слід проводити в державних лабораторіях ветеринарної медицини і за



результатами яких видається ветеринарне свідоцтво (ф-2)», затв. Державним департаментом ветеринарної медицини Міністерства аграрної політики України 03.11.1998, № 16 (зі змінами від 18.11.2003, № 87, зареєстр. у Мінюсті 28.04.2004, № 549/9148). Кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ) склала 30×10^3 КУО/г (норма – 1×10^5 КУО/г), БГКП (колі-форми) в 0,001 г, патогенних мікроорганізмів (у тому числі сальмонел), *Listeria monocytogenes* у 25 г та *Staphylococcus aureus* у 0,01 г – не виділено. Уміст радіонуклідів Cs137 становив < 6,7 Бк/кг за норми не більше 130 Бк/кг, Sr90 – < 4,2 Бк/кг (норма – не більше 100 Бк/кг).

Ключові слова: харчування, товаропросування риба, продукція, токсичність, пестициди, якість, безпечність продуктів, забруднювальні речовини.



УДК 664.38

**COMPUTER SIMULATION OF THE COMBINED VEGETABLE PROTEIN
RECIPE FOR ATHLETES NUTRITION****КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЦЕПТУРИ КОМБІНОВАНОГО
РОСЛИННОГО ПРОТЕЇНУ ДЛЯ ХАРЧУВАННЯ СПОРТСМЕНІВ****Stetsenko N.O. / Стеценко Н.О.***s.c.s., as.prof. / к.х.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-6710-024X

Goyko I. Yu. / Гойко І.Ю.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0000-1680-5087

*National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska str. 68, 01601**Національний університет харчових технологій, Київ, вул. Володимирська 68, 01601*

Анотація. В роботі розглянуто актуальність створення протеїнів комбінованого складу на основі рослинної сировини. Проведено оцінювання амінокислотного скору та показників біологічної цінності білків сої, пшениці та гороху. Показано, що для підвищення вмісту лімітованих незамінних амінокислот доцільно комбінувати білки зернових і бобових культур. Шляхом комп'ютерного моделювання рецептури рослинного протеїну визначені оптимальні співвідношення масових часток сировини у складі комбінованого продукту: білок пшениці – 50%; білок гороху – 40%; білок сої – 10%. Встановлено, що при такій рецептурі скор першої лімітованої незамінної амінокислоти, якою є метіонін+цистин, максимально наближений до 100% і дорівнює 94,1%, рівень засвоюваності білку становить 83,2%, а коефіцієнт надлишковості є мінімальним і дорівнює 7,2%. Також при цьому спостерігається оптимальне співвідношення між такими незамінними амінокислотами, як триптофан та метіонін+цистин – 1:3,07. Таким чином, комбінування рослинних білків дозволяє покращити показники біологічної цінності рослинного протеїнового порошку, який може бути ефективно використаний у харчуванні спортсменів.

Ключові слова: рослинний білок, біологічна цінність білку, комбінування, комп'ютерне моделювання, горох, соя, пшениця, спортсмени.

Вступ.

Сучасна біохімія, нутриціологія та фізіологія мають незаперечні докази, що всі життєві процеси організму людини пов'язані з перетвореннями протоплазматичних і ядерних білків на рівні клітин та тканин. Недостатнє надходження білку або окремих амінокислот з їжею призводить до білкової недостатності, викликаючи серйозні порушення в організмі у результаті дисбалансу між синтезом та розпадом білку [1]. Прогресуючий світовий досвід розвитку білкової інженерії, знання у галузі фундаментальних досліджень властивостей і структури, а також зростаюча потреба у білках для забезпечення активного способу життя, зменшення захворювань, харчування спортсменів, створення функціональних та спеціальних продуктів створюють передумови для розроблення нових технологій харчових білків [2].

Білки тваринного походження є найдорожчими, але світове виробництво бобових та злакових культур вже в найближчі десятиліття може задовольнити потребу людини у білковому харчуванні. Однак часто амінокислотний склад рослинних білків не збалансований і потребує коригування. Перевага надається соєвим білкам при одночасному розширенні досліджень з глибокої переробки



інших видів рослинної сировини (зернобобові, олійні культури, відходи переробки фруктів, ягід тощо) з виділенням повноцінних білків [3]. При цьому факторами для вибору сировини є кількість, біологічна цінність, функціональні властивості та безпека білків. Сучасні напрямки розвитку переробної промисловості включають розробку технологій білкових продуктів з альтернативних видів сільськогосподарської сировини (гороху, нуту, амаранту) та вторинних продуктів їх переробки.

Метою роботи є розроблення рецептури комбінованого рослинного протеїну з підвищеною біологічною цінністю та комплексним амінокислотним складом.

Основний текст.

В роботі використано хімічний метод оцінювання біологічної цінності білку шляхом розрахунку амінокислотного скору, тобто порівняння амінокислотного складу білку досліджуваної сировини за даними авторів [4] з відповідними показниками еталонного білку, склад якого максимально відповідає потребам організму людини [5].

У роботі розраховували амінокислотний скор AC_k (%), кожної незамінної амінокислоти (НАК) за формулою (1):

$$AC_k = \frac{гНАК_k \text{ в } 100г \text{ оцінюваного білка}}{гНАК_{ek} \text{ в } 100г \text{ еталонного білка}} \cdot 100 \quad (1)$$

Визначали рівень засвоюваності білку продукту, тобто коефіцієнт утилітарності амінокислотного складу U , % за формулою (2):

$$U = AC_{\min} \frac{\sum_{k=1}^8 НАК_{ek}}{\sum_{k=1}^8 НАК_k} \quad (2)$$

де $AC_{\min}$ – скор першої лімітованої НАК; $\sum_{k=1}^8 НАК_k$ – сумарний вміст НАК в білку продукту, г/100 г білку, $\sum_{k=1}^8 НАК_{ek}$ – сумарний вміст НАК в еталонному білку, г/100 г білку.

Розраховували коефіцієнт надлишковості НАК, $\sigma_{\text{над}}$, як масову частку НАК в 100 г білку, яка використовується організмом не раціонально, формула (3).

$$\sigma_{\text{над}} = \frac{\sum_{k=1}^8 (НАК_k - AC_{\min} НАК_{ek})}{AC_{\min}} = \frac{\sum_{k=1}^8 НАК_k - AC_{\min} \cdot \sum_{k=1}^8 НАК_{ek}}{AC_{\min}} \quad (3)$$

де $\sum НАК_k$ та $\sum НАК_{ek}$ – вміст НАК в досліджуваному та еталонному білку.

Було проведено порівняння амінокислотного профілю (рисунк 1) та розрахунок амінокислотного скору (таблиця 1) трьох рослинних білків: пшениці, гороху та сої. Встановлено, що білки всіх культур належать до повноцінних, оскільки містять всі незамінні амінокислоти.

Найвищий вміст білку спостерігається в сої, а найбільша кількість незамінних амінокислот – у горосі. Першою лімітованою незамінною



амінокислотою білку пшениці є лейцин, другою – лізин. Для бобових культур амінокислотний скор (АС) лейцину та лізину перевищує 100%, а першою лімітованою НАК є метіонін+цистин, причому для білку пшениці АС цієї НАК більший за 100%. Отже, за принципом комплементарності амінокислотного складу шляхом комбінування рослинних білків можна компенсувати дефіцит окремих НАК та поліпшити біологічну цінність білку комбінованого продукту. Показники біологічної цінності досліджених рослинних білків наведені у таблиці 2.

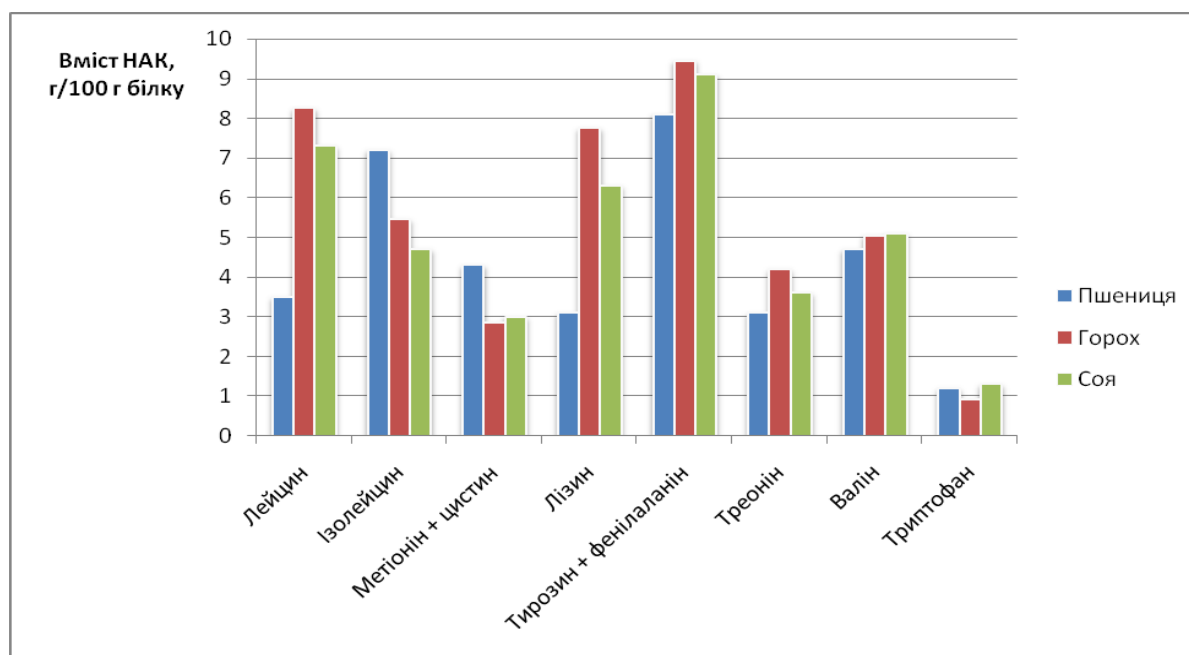


Рисунок 1 – Порівняльний аналіз вмісту незамінних амінокислот у рослинних білках

Авторська розробка

Таблиця 1 – Амінокислотний скор білків пшениці, гороху та сої, %

Назва	Пшениця	Горох	Соя
Лейцин	50,2	117,8	104,0
Ізолейцин	180,1	136,3	118,2
Метіонін+цистин	123,4	81,4	86,3
Лізин	55,9	141,2	114,9
Тирозин+фенілаланін	135,3	158,0	152,2
Треонін	78,4	105,0	90,4
Валін	93,9	101,4	101,7
Триптофан	120,1	91,9	129,7
Загальний вміст білку	10,3	23,1	34,9

Авторська розробка

Найбільш збалансованим виявився білок сої, який має найвище значення коефіцієнту утилітарності білку та найменше – коефіцієнту надлишковості амінокислотного складу. Найгірші показники були отримані для білку пшениці.



Дуже невисоким є скор першої лімітованої НАК лейцину, що свідчить про низький рівень засвоєння як окремих амінокислот, так і білку в цілому.

Таблиця 2 – Показники біологічної цінності рослинних білків

Сировина	Вміст білку, %	AC _{мін} , %	U, %	σ _{над} , %	тріада НАК		
					триптофан	лізин	метіонін
Пшениця	10,3	50,2	51,0	34,40	1	2,58	3,58
Горох	23	81,4	67,1	17,94	1	8,42	3,10
Соя	34,9	86,3	76,1	11,13	1	4,85	2,31

Авторська розробка

Для моделювання рецептури рослинного протеїнового порошку провели комп'ютерне моделювання, в якому змінювали масові частки білків різного походження, визначали амінокислотний склад, амінокислотний скор та показники біологічної цінності отриманого білку комбінованого продукту. Для порівняння використовували білок сої як такий, що мав найкращі показники біологічної цінності. Відомо, що цей білок має надлишкову кількість деяких амінокислот у порівнянні з еталонним білком, тому додавання пшеничного білка може позитивно вплинути на зниження надлишковості амінокислотного складу. В той же час, білки сої та гороху більш схожі за амінокислотним профілем, тому їх комплементарність є нижчою. В результаті проведених досліджень було встановлено, що поступове збільшення масової частки пшеничного білку у комбінованому протеїні позитивно впливало на зростання скору першої лімітованої НАК та коефіцієнту утилітарності білку.

Було визначено оптимальне співвідношення масових часток рослинних білків, яке становить: пшениця – 50%; горох – 40%; соя – 10%. За таких умов скор першої лімітованої НАК, якою є метіонін+цистин, максимально наближений до 100% і дорівнює 94,1% (для білку сої був 85%); рівень засвоюваності білку зростає на 7% і дорівнює 83,2%, а масова частка НАК, які використовуються в організмі нераціонально (коефіцієнт надлишковості), є мінімальною і дорівнює 7,2%. Також при цьому спостерігається оптимальне співвідношення між такими незамінними амінокислотами, як триптофан та метіонін+цистин. При нормативному значенні 1:3 фактичний результат становить 1:3,07. Таким чином, комбінування рослинних білків дозволило покращити показники біологічної цінності рослинного протеїнового порошку (рисунок 2).

Рослинний протеїн з комбінованим складом може бути використаний у харчуванні спортсменів та при виробництві спеціальних харчових продуктів з підвищеним вмістом білку. Відомо, що певна кількість споживачів, які ведуть здоровий спосіб життя і займаються спортом, відмовляються від споживання продуктів тваринного походження. З урахуванням ризику їх забруднення антибіотиками та гормональними препаратами, розповсюдженості непереносимості молочних продуктів, а також хвилюючих споживачів проблем



етичного ставлення до тварин, можна прогнозувати, що рослинний протеїн, який має високі показники біологічної цінності і засвоюваності, буде мати попит на ринку продуктів для здорового і спортивного харчування.

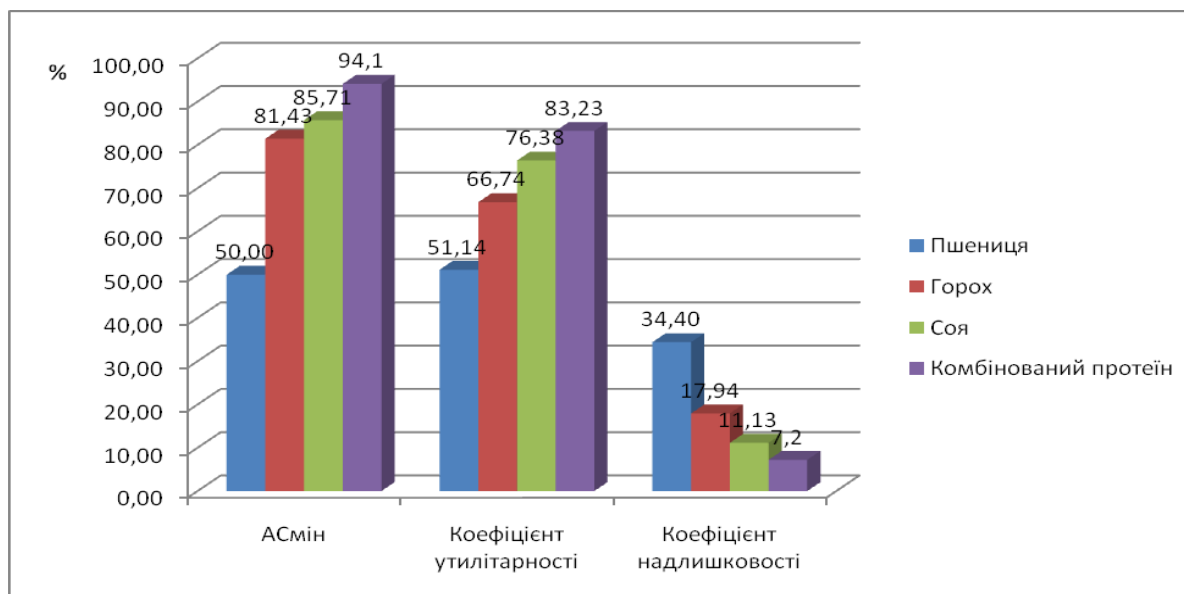


Рисунок 2 – Показники біологічної цінності білків рослин та комбінованого рослинного протеїну

Авторська розробка

Заклучення та висновки.

В роботі було розглянуто актуальність розроблення рецептур рослинних протеїнів зі збалансованим вмістом незамінних амінокислот. Було встановлено, що для цього можна використовувати вітчизняну сировину, а саме білки пшениці, гороху та сої поєднання яких у співвідношенні 50:40:10 дозволяє отримати білок з високими показниками біологічної цінності і засвоюваності. Такий продукт буде корисним для харчування спортсменів та людей, які ведуть здоровий спосіб життя і слідкують за кількісним вмістом та якістю білка у раціоні харчування.

Література:

1. Сімахіна, Г. О. Переробка їстівних грибів для отримання білоквмісних напівфабрикатів / Г. О. Сімахіна, І. Ю. Гойко, Н. О. Стеценко // Товари і ринки. – 2014. – №2 (18). – С. 70-85.
2. Хрулёв, А. А. Тенденции развития и экономические аспекты производства горохового протеина / А. А. Хрулёв, Н. А. Бесчетникова, И. А. Федотов // Пищевая промышленность. – 2016. – №4. – С. 24-29.
3. Колпакова, В. В. Зерновые композиты с комплементарным аминокислотным составом для пищевых и кормовых целей / В. В. Колпакова, Р. В. Уланова, Д. С. Куликов, В. А. Гулакова, А. Т. Кадиева // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – №49(2). – С. 301-311.
4. Химический состав пищевых продуктов. Книга 2 / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.



5. Стеценко, Н.О. Сучасні підходи до комп'ютерного проектування рецептур оздоровчих харчових продуктів та оцінювання їх нутрієнтного складу / Н.О. Стеценко // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 14-15 листопада 2018 р., м. Київ. – К.: НУХТ, 2018. – С. 10-11.

Abstract. *The paper considers the relevance of creating combined composition proteins based on vegetable raw materials. An assessment of the amino acid score and indicators of the biological value of soy, wheat and pea proteins was carried out. It has been shown that in order to increase the content of limited essential amino acids, it is advisable to combine the proteins of cereals and legumes. By computer simulation of the vegetable protein recipe, the optimal ratios of the mass parts of the raw materials of the combined product were determined: wheat protein - 50%; pea protein - 40%; soy protein - 10%. It has been established that with such a formulation, the score of the first limited essential amino acid, which is methionine+cystine, is as close as possible to 100% and is equal to 94.1%, the level of protein digestibility is 83.2%, and the redundancy coefficient is minimal and equal to 7.2% . Also, there is an optimal ratio between essential amino acids tryptophan and methionine+cystine - 1:3.07. Thus, the combination of plant proteins can improve the biological value of plant protein powder, which can be effectively used in the nutrition of athletes.*

Key words: *vegetable protein, biological value of protein, combination, computer simulation, peas, soybeans, wheat, athletes.*

Стаття відправлена: 20.02.2022 р.

© Стеценко Н.О., Гойко І.Ю.



TRENDS IN THE USE OF DATA MINING TECHNOLOGY IN AGRICULTURE

ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИДОБУТКУ ДАНИХ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Viunenکو O.B. / В'юненько О.Б.

Ph.D., assistant prof. / к.е.н., доцент

ORCID: 0000-0002-8835-0704

Tereshchenko S.I. / Терещенко С.І.

Doctor of Economics, assistant prof. / д.е.н., доцент

ORCID: 0000-0001-7901-1308

Sumy National Agrarian University,

Sumy, 160 Herasym Kondratiev, Sumy, 40021

Сумський національний аграрний університет,

Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 160, 40021

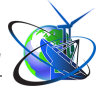
Анотація. Сільськогосподарські організації та їх керівництво щодня намагаються знайти інформацію (знання) у великих базах даних для прийняття бізнес-рішень. Інтелектуальний аналіз даних завдяки кращому управлінню та аналізу даних може допомогти сільськогосподарським організаціям отримати більший прибуток. Технологія видобутку даних (data mining) забезпечує орієнтований на користувача доступ до нових і прихованих закономірностей у даних, на основі яких генеруються нові знання, які можуть допомогти у прийнятті оперативних рішень для сільськогосподарських підприємств.

Ключові слова: сільське господарство, Data Mining, аналіз даних.

Вступ.

Сучасне сільське господарство стикається з новими проблемами, такими як зростання населення, міська агломерація, дефіцит ресурсів, зміна клімату та управління відходами і всі ці завдання вимагають новаторських рішень. Технологічний розвиток може грати тут відповідну і визначальну роль, а саме за допомогою інноваційних методів пов'язаних, наприклад, з розумним сільським господарством. Розумні практики сільського господарства розглядаються як найбільш відповідні стратегії адаптації, які в перспективі дозволять досягти продовольчої безпеки, водночас пом'якшуючи кліматичні зміни. Це досягається завдяки збереженню природних ресурсів і стійкості життєво важливих екосистемних послуг. Розумне сільське господарство — це низка інструментів, які допомагають керувати сільськогосподарськими ресурсами та рослинництвом. Воно тісно пов'язане з використанням таких технологій, як Інтернет речей, геоінформаційні системи, сенсори, робототехніка і штучний інтелект [1], [10], [11], [12].

Розумне сільське господарство має на меті сприяти більшій стійкості та підвищити продуктивність сільського господарства, подолати наслідки зміни клімату та зменшити викиди парникових газів [2]. У сучасних умовах зміни клімату [3] інновації [4] мають вирішальне значення для досягнення цілей сталого розвитку [5]. В сільськогосподарських підприємствах, а саме в кооперативах, розумне сільське господарство є фундаментом для підтримки виробників в процесі сільськогосподарської цифровізації [6]. В процесі покращення стійкості сільськогосподарського сектору шляхом більш розумного

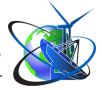


сільського господарства, підприємства (а саме компанії, товариства, асоціації та кооперативи) відіграють все більш визначальну роль. Але адаптивність фермерів до нових технологічних вимог може бути важкою, особливо для невеликих господарств і сімейних ферм. Тому роль кооперації може бути великою підмогою для їх залучення до нових технологічних вимог. Паралельно з цим процесом сільськогосподарської цифровізації, державні установи повинні бути готові для реалізації стратегій, які підвищують організацію аграрного сектора, підвищення рівня роботи фермерів, а також заохочувати технологічний трансфер в науковому співтоваристві, як для окремих підприємств, так і для сектору загалом. Організація сільськогосподарського сектора і навички окремих фермерів, на сьогодні є визначальним фактором для більш стійкого розвитку сільського господарства [7]. Всі ці аспекти будуть вирішальними для ефективної модернізації аграрного сектора в перспективі більш сталого розвитку [10], [11], [12].

Проблеми застосування Data Mining в сільському господарстві.

Інформаційні технології все більше сприяють системному підходу до вирішення аграрних проблем. Доступ до потрібної інформації дає змогу підготувати точні звіти, наприклад, про використання захисного обладнання, кількість годин роботи машини на певній культурі або кількість найманої сезонної робочої сили. Сільське господарство багате різноманітною інформацією, що обумовлює необхідність використання сучасних технологій аналізу даних. За допомогою інтелектуального аналізу даних сільськогосподарські організації можуть отримувати описову та прогнозну інформацію для підтримки прийняття рішень [9], [10], [11], [12]. Загалом результати інтелектуального аналізу даних можуть бути використані в першу чергу для вирішення наступних задач: сегментація ринків і клієнтів; ідентифікація цінних і потенційних клієнтів в майбутньому; дослідження причин в поведінці клієнтів; визначення структури цін для окремих сегментів клієнтів; ідентифікація малозабезпечених платників; створення профілів клієнтів; визначення успішної тактики для утримання і залучення клієнтів.

Усі сільськогосподарські підприємства потребують професійного аналізу сільськогосподарських даних і цей процес є довгостроковим і дуже дорогим. Сільськогосподарські підприємства дуже орієнтовані на використання інформації про ринки сільськогосподарської продукції, тому вміння знаходити і використовувати дані для отримання корисної інформації для ефективного сільського господарства є запорукою успіху всіх сільськогосподарських підприємств. Сільськогосподарські інформаційні системи містять величезні обсяги інформації, включаючи інформацію про сільськогосподарські культури, покупців, ринки та інше. За допомогою сучасних методів аналізу даних можна знайти в цій інформації корисні моделі, які можуть бути використані для подальших досліджень та розробки аналітичних звітів. Дуже важливим питанням є те, як класифікувати таку велику кількість даних. Автоматична класифікація здійснюється на основі подібності наявної в даних. Така класифікація корисна лише в тому випадку, якщо отриманий висновок є прийнятним для агронома або кінцевого замовника. Так проблему

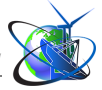


прогнозування врожайності можна вирішити за допомогою інтелектуальних методів аналізу даних, при цьому вся доступна інформація лежить в основі набору даних, які можуть бути використані для вивчення способів класифікації врожайності та виробництва в майбутньому.

В області сільськогосподарських досліджень, інтелектуальний аналіз даних починається з гіпотези і результати мають бути скориговані, щоб відповідати цій гіпотезі. Це відрізняється від стандартної практики аналізу даних, яка просто починається з набору даних без видимої гіпотези. У той час як традиційні видобуток даних спрямований на побудову моделей і визначення тенденції в наборах даних, інтелектуальний аналіз сільськогосподарських даних більш сфокусований на побудові системи великих даних, які виділяються з моделей і тенденцій. Той факт, що стандарт інтелектуального аналізу даних більш зосереджений на описі, а не на поясненні закономірностей і тенденцій є тим, що поглиблює різницю між стандартним і сільськогосподарським видобутком даних [10], [11], [12].

Труднощі застосування Data Mining в сільському господарстві.

Розвиток інформаційних технологій в сільському господарстві [10], [11] тепер дозволяє створювати електронні записи про клієнтів, які отримуються шляхом моніторингу клієнтів. Ці електронні записи включають різноманітну інформацію: демографічні дані про клієнтів, звіти про перебіг продажів, докладні відомості про обстеження посівів, використані засоби захисту рослин, дані попередньої сівозміни, та інше. Інформаційна система загалом автоматизує та спрощує робочий процес сільськогосподарських підприємств, на сьогодні розроблено багато методів для автоматичного визначення правил і відносин із наборів даних з метою спрощення проведення трудомістких і помилкових процесів для отримання знань з емпіричних даних. Оскільки ці методи достовірні, підкріплені теорією та адекватні більшості даних, їх використання на виробництві залежить тільки від готовності господарств обробляти реальні дані. Інтеграція технологій Data Mining в інформаційні системи сільськогосподарських організацій знижує суб'єктивність в прийнятті рішень, а також дозволяє отримувати нові корисні сільськогосподарські знання. Сучасні прогнозні моделі забезпечують найкращу підтримку знань і досвіду для працівників сільського господарства. Загалом проблему прогнозування в сільському господарстві можна розділити на дві фази: фазу навчання та фазу прийняття рішень. На етапі навчання великий набір даних перетворюється в зменшений набір даних. Кількість характеристик і об'єктів в цьому новому спрощеному наборі є набагато менша, ніж в оригінальному наборі, а правила, створені на цьому етапі, використовуються для прийняття більш точних рішень на наступних етапах. Знову сформований набір даних буде використовуватися для генерації прогнозів, коли за допомогою певного алгоритму прогнозування з'являються нові варіанти подій з невідомим результатами. Цей алгоритм порівнює характеристики нового об'єкта з характеристиками об'єктів, представлених у вибраному наборі даних. У разі збігу новому об'єкту присвоюється результат, який дорівнює відповідному об'єкту в наборі. Мета інтелектуального аналізу даних у сільському господарстві - побудувати



прогнозну модель, яка була б зрозуміла користувачам і яка представляє надійні прогнози та допомагає агрономам покращити свої прогнози і процедури планування обробки сільськогосподарських культур. Виникають складні питання: чи достатньо даних та відповідних прогнозних характеристик для побудови прогнозної моделі прийнятної продуктивності, який існує зв'язок між атрибутами та результатами, чи можливо побудувати нестандартну комбінацію чи взаємозв'язок між атрибутами, або отримати певні безпосередні фактори з вихідних атрибутів, які можуть підвищити продуктивність прогнозної моделі. Ключовим питанням у процесі управління якістю сільського господарства виступає якість даних, стандартів, планів та методів обробки даних.

Численні проблеми перешкоджають використанню технології Data Mining у сільському господарстві, але вирішальна проблема інтелектуального аналізу даних у сільському господарстві полягає в тому, що вихідні дані дуже великі та неоднорідні та можуть бути отримані з різнорідних джерел. Обсяг і складність сільськогосподарських даних є однією з перешкод для успішного аналізу даних. Відсутні, недійсні, суперечливі або нестандартні дані, наприклад, частини деякої інформації, записаної в різних форматах з різних джерел даних, створюють велику перешкоду для успішного аналізу даних.

Висновки.

Інтелектуальний аналіз даних у сільському господарстві може бути обмежений у доступі до даних, оскільки вихідні дані часто існують в різних середовищах і системах. Тому дані повинні бути отримані та інтегровані перед початком їх аналізу. Побудова сховищ даних для інтелектуального аналізу даних може бути дуже дорогим і тривалим процесом. Сільськогосподарські організації, що займаються розвитком систем аналізу даних, повинні використовувати великі інвестиційні ресурси. Проект для інтелектуального аналізу даних може зазнати невдачі з ряду досить простих причин, таких як відсутність підтримки з боку керівництва, недостатній досвід по аналізу даних, незацікавленість агрономів та нестача професійних послуг.

Інтелектуальний аналіз даних завдяки кращому управлінню та аналізу даних може допомогти сільськогосподарським організаціям отримати більший прибуток. Використовуючи техніку Data Mining, отримані знання можна використовувати для прийняття успішних рішень, які сприятимуть успіху сільськогосподарської організації на ринку. Для організацій це один із ключових моментів для створення своєї бізнес-стратегії. Основний потенціал полягає у можливості вивчення прихованих закономірностей у наборах даних в сільськогосподарській сфері. Отримані і закономірності моделі можна використовувати для діагностики стану врожаю, прогнозування розвитку ринку, моніторингу платоспроможності клієнтів. Використання техніки Data Mining в сільськогосподарських організаціях дозволить створити умови для прийняття адекватних рішень і тим самим досягнення конкурентної переваги.

Література:

1. Martinho, V.J.P.D.; Guiné, R.d.P.F. Integrated-Smart Agriculture: Contexts and Assumptions for a Broader Concept. *Agronomy* 2021, 11, 1568.



2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Climate-Smart Agriculture.
3. Rosenzweig, C.; Mbow, C.; Barioni, L.G.; Benton, T.G.; Herrero, M.; Krishnapillai, M.; Liwenga, E.T.; Pradhan, P.; Rivera-Ferre, M.G.; Sapkota, T.; et al. Climate Change Responses Benefit from a Global Food System Approach. *Nat. Food* 2020, 1, 94–97.
4. Herrero, M.; Thornton, P.K.; Palmer, J.; Benton, T.G.; Bodirsky, B.L.; Bogard, J.R.; Hall, A.; Lee, B.; Nyborg, K.; et al. Innovation Can Accelerate the Transition towards a Sustainable Food System. *Nat. Food* 2020, 1, 266–272.
5. Herrero, M.; Thornton, P.K.; Mason-D'Croz, D.; Palmer, J.; Bodirsky, B.L.; Pradhan, P.; Barrett, C.B.; Benton, T.G.; Hall, A.; Pikaar, I.; et al. Articulating the Effect of Food Systems Innovation on the Sustainable Development Goals. *Lancet Planet. Health* 2021, 5, e50–e62.
6. Manuel Ciruela-Lorenzo, A.; Rosa Del Aguila-Obra, A.; Jose Plaza-Angulo, J. Digitalization of Agri-Cooperatives in the Smart Agriculture Context. Proposal of a Digital Diagnosis Tool. *Sustainability* 2020, 12, 1325.
7. Martinho, V.J.P.D. Agricultural Entrepreneurship in the European Union: Contributions for a Sustainable Development. *Appl. Sci.* 2020, 10, 2080.
8. Milovic B., Radojevic V. Application of Data Mining in Agriculture. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21 (No 1) 2015, P. 26-34.
9. Buttle F., 2009. Introduction to Customer Relationship Management. In: F. Buttle, *Customer Relationship Management*, Oxford: Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, pp. 1-25.
10. Толбатов А.В. Научное окружение современного человека: Экономика, Менеджмент, Медицина и фармацевтика, Химия, Биология, Сельское хозяйство, География и Геология: монография / [авт.кол.: Львович И.Я., Н.М.Орлов, Преображенский А.П., Толбатов А.В., Чопоров О.Н. и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – 175 с.
11. Толбатов В.А. Научное окружение современного человека: Техника и технологии: монография / [авт.кол. : И.Я.Львович, А.П.Преображенский, В.А.Толбатов, И.Ф.Червоний, О.Н.Чопоров и др.]. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2018 – 181 с.
12. Толбатов А.В. Наукове оточення сучасної людини: техніка і технології, інформатика. Книга 3. Часть 3: серія монографій / [авт.кол. : С.О. Гнатюк, А.В. Толбатов, В.А. Толбатов, С.В. Агаджанова, С.В. Толбатов та ін.]. - Одеса: КУПРИЕНКО СВ, 2020 - 83 с.

Abstract. Every day, agricultural organizations and their management try to find information (knowledge) in large databases for business decisions. Data mining through better data management and analysis can help agricultural organizations make more money. Data mining technology provides user-oriented access to new and hidden patterns in data, which generate new knowledge that can help make operational decisions for agricultural enterprises.

Key words: agriculture, Data Mining, data analysis.



УДК 681.514.675:622.24

**FUZZY-SIMULATION OF DRILLING MESSURE PRESSURE CONTROL
PROCESS AT THE INPUT IN THE WELL****FUZZY-MODEЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ТИСКОМ БУРОВОГО
РОЗЧИНУ НА ВХОДІ У СВЕРДЛОВИНУ****Lahoida A. / Лагойда А.І.***k.t.s. / к.т.н.*

ORCID: 0000-0002-0862-7786

Lahoida L. / Лагойда Л.І.

ORCID: 0000-0002-2328-8276

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,**Ivano-Frankivsk, Karpatska, 15, 76019**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,**Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, 76019*

Анотація. Розглянуто процес промивання свердловини, котрий відноситься до класу нестационарних динамічних стохастичних об'єктів. Представлену роботу спрямовано на удосконалення математичної моделі системи автоматичного керування із урахуванням обмежень щодо потужності бурової насосної установки.

Досліджено, що єдиним способом для підвищення якості керування являється застосування складніших регуляторів, котрі дозволять децю зменшити негативний вплив запізнення.

Встановлено, що Fuzzy-ПІД-регулятори забезпечують суттєво кращі показники якості автоматичного керування порівняно із промисловими автоматичними системами, які побудовані на ПІ-регуляторах, а саме перерегулювання 0 % і тривалість перехідного процесу 20 с у широкому діапазоні зміни зовнішніх впливів а також параметрів системи.

Отримані результати являються корисними та важливими оскільки дозволяють підвищити ефективність технологічного процесу керування технічною гідравлічною системою промивання глибоких свердловин у процесі їхнього поглиблення.

Ключові слова: моделювання, промивання свердловин, регулятор, тиск на вході в свердловину, керування.

Вступ.

Одною з найважливіших проблем для нафтогазових компаній дивлячись із точки зору світової практика автоматизації технологічного процесу буріння свердловин являється збільшення продуктивності процесу буріння а також зменшення енергоспоживання. Для вирішення даного завдання надзвичайно важливою являється автоматизація процесу промивання свердловин. Зазначені явища викликані тим, що гідросистема промивання свердловини належить до класу доволі складних нелінійних нестационарних динамічних стохастичних об'єктів, котрі функціонують за умов апіорної а також поточної невизначеності щодо параметрів та структури. Вони також володіють потужністю насосів 600 та деколи більше кВт а також досить велику транспортну затримку, котра лінійно зростає за мірою збільшення глибини свердловини.

Наявні системи стабілізації тиску бурового розчину на вході у свердловину здебільшого відрізняються структурою регуляторів, кількістю дизелів, насосів, корегувальних пристроїв, а також типами електроприводів. Розроблені системи



реалізуються за допомогою застосування на бурових установках спеціально розроблених ПІ-регуляторів.

На даний час для керування неперервними технологічними процесами у нафтогазовій галузі промисловості все більше знаходять застосування програмовані контролери. Дані контролери дають можливість реалізовувати системи керування із Fuzzy-регуляторами.

Отож спираючись на вище сказане актуальним є проведення додаткових досліджень, які будуть спрямовані на уточнення математичної моделі технологічного процесу промивання свердловини а також створення ефективного Fuzzy-регулятора, який буде призначений для регулювання роботою бурової насосної установки.

Основний текст.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виконаний аналіз наявних теоретичних досліджень, які пов'язані із оптимізацією буріння [1] а також із практичним досвідом експлуатації бурильних установок [2] показав, що оптимальні режими буріння зазвичай досягаються у випадку максимально допустимого осьового зусилля на долото. Можливе підтримання зазначених зусиль зазвичай залежить від ступеня очищення бурильної зони від наявних продуктів руйнування гірської породи (шламу) [3]. Зазначений процес виконується технічною гідравлічною системою призначеною для промивання свердловин. Головним її складовим елементом являється бурова насосна установка, яка має велику потужність [4 - 6]. Головною задачею такої установки являється стабілізація встановленого значення тиску бурового розчину при вході у свердловину. З метою її вирішення використовують замкнену систему автоматичного регулювання насосною установкою із ПІ-регулятором.

Висунута проблема автоматичного керування суттєво ускладнюється тим, що динаміка технологічного процесу промивання свердловин зазвичай невідома, а відповідно процеси котрі регулюються не можна вважати незалежними. Процеси вимірювання у більшості з випадків є значно зашумленими, а навантаження розвивається у часі. Якщо говорити у загальному то зазначений процес функціонує за умов апіорної а також поточної невизначеності щодо параметрів а також структури за умови впливу завад, які являються недосяжними для вимірювань [7]. Саме тому характеристики регуляторів значно поліпшуються за допомогою використання Fuzzy-логіки [7, 8], генетичних алгоритмів та штучних нейронних мереж [9]. Зазначені методи мають назву «Soft computing», що підкреслює їхню можливість оперування неповними а також неточними даними. Один контролер може застосовувати комбінацію наступних методів: нейро-ПІД, фазі-ПІД, нейро-фазі-ПІД-регулятори із генетичними алгоритмами [9] тощо.

Значним недоліком Fuzzy а також нейромережових контролерів являється складність їхніх налаштувань, яка пов'язана із складністю складання бази правил а також навчанням штучної нейронної мережі.

У роботі [10] наведено розроблення методу синтезу каскадного Fuzzy-регулятора, котрий може враховувати обмеження наявних проміжних



координат вектора стану системи та в той самий час дає змогу отримати деяку постійну структуру Fuzzy-регулятора. Також отримала подальший розвиток теорія нечіткого управління яка пов'язана з розробкою методу синтезу Fuzzy-регуляторів котрі мають вид Такагі-Сугено із застосуванням стандартних форм для розподілу коренів характеристичного полінома, що в свою чергу забезпечило формування необхідної динаміки роботи системи керування.

Можна також стверджувати, що у науковій літературі фактично не обговорюються підходи стосовно синтезу систем керування, що розвиваються у часі а також мають суттєву транспортну затримку.

На основі встановлених фактів можемо стверджувати, що набуває особливої важливості а також потребує докладного дослідження проблема створення автоматизованої системи керування процесом стабілізації тиску бурового розчину на вході у свердловину.

Метою статті є розробка Fuzzy системи керування тиском бурового розчину на вході у свердловину, котра покликана покращити показники якості процесу поглиблення нафтових а також газових свердловин в реальному масштабі часу.

Результати досліджень. Зазвичай системи автоматичного регулювання у нафтогазовій промисловості будуються на основі використання типових П- та ПП – алгоритмів автоматичного регулювання. Таке їхнє застосування можна пояснити простотою їхнього налаштування. Дані регулятори можуть забезпечити необхідну динамічну точність системи автоматичного регулювання, але головною їхньою перевагою являється робастність. Зазначені алгоритми являються працездатними при різних варіаціях характеристик керованого об'єкта а також відхиленнях від певних оптимальних значень параметрів налаштування регулятора при одночасному збереженні достатньої якості систем автоматичного регулювання [11]. Основним способом підвищення показників якості перехідного процесу являється ускладнення алгоритму регулювання. Розглянемо для приклад перехідну характеристику насосної установки У8-6М-А2, котра представлена на рисунку 1.

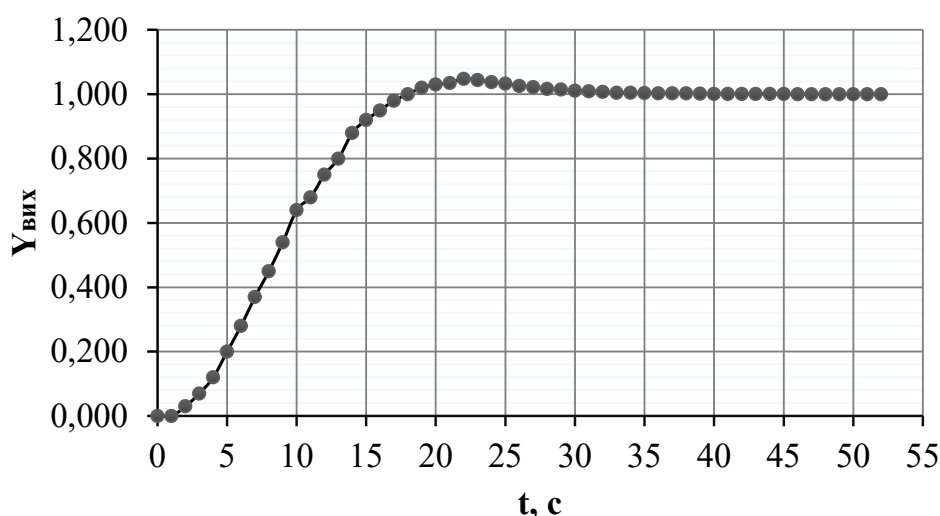


Рис. 1 Перехідна характеристика бурової насосної установки



Як результат проведеної апроксимації отримали таку функцію передачі бурової насосної установки:

$$W(s) = \frac{1}{21,749s^2 + 6,739s + 1} e^{-\tau s}, \quad (1)$$

де $\tau=1$ с - час запізнення.

З метою здійснення аналізу показників якості системи автоматичного регулювання тиску бурового розчину на вході у свердловину побудовано імітаційну модель в програмному середовищі Matlab – Simulink (рис. 2).

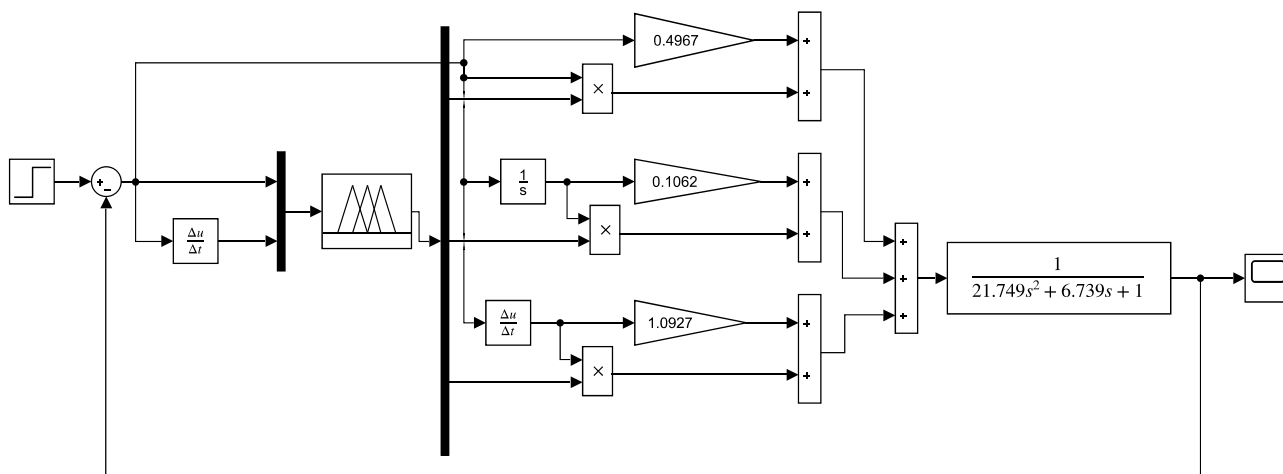


Рис. 2 Структура ПІД-регулятора з фазі-блоком автоматичного налаштування в Matlab

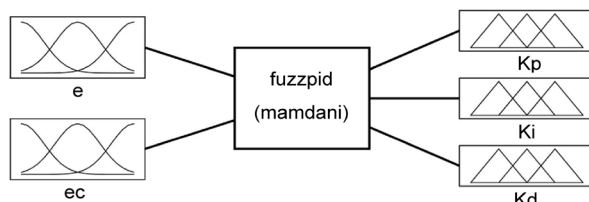


Рис. 3 Структура входів-виходів ПІД-регулятора з фазі-блоком: $e=[-0,3;0,3]$; $ec=[-0,3;0,3]$; $K_p=[-0,03;0,03]$; $K_i=[-0,03;0,03]$; $K_d=[-0,3;0,3]$

Для реалізації такої структури побудовано тримірну таблицю правил у відповідності з трьома складовими в рівнянні типового ПІД-регулятора, які наведено у таблицях 1 – 3.

Таблиця 1 - База правил для K_p

K_p		ec						
		NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
e	NL	PL	PL	PM	PM	PS	Z	Z
	NM	PL	PL	PM	PS	PS	Z	Z
	NS	PM	PM	PM	PM	Z	Z	NS
	Z	PM	PM	PS	Z	NS	NS	NM
	PS	PS	PS	Z	NS	NS	NM	NM
	PM	PS	Z	NS	NM	NM	NM	NL
	PL	Z	Z	NM	NM	NM	NL	NL

Таблиця 2 - База правил для K_i

K_i		ec						
		NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
e	NL	NL	NL	NM	NM	NS	Z	Z
	NM	NL	NL	NM	NS	NS	Z	Z
	NS	NL	NM	NS	NS	Z	PS	PS
	Z	NM	NM	NS	Z	PS	PM	PM
	PS	NM	NS	Z	PS	PS	PM	PL
	PM	Z	Z	PS	PS	PM	PL	PL
	PL	Z	Z	PS	PM	PM	PL	PL

**Таблиця 3 - База правил для K_d**

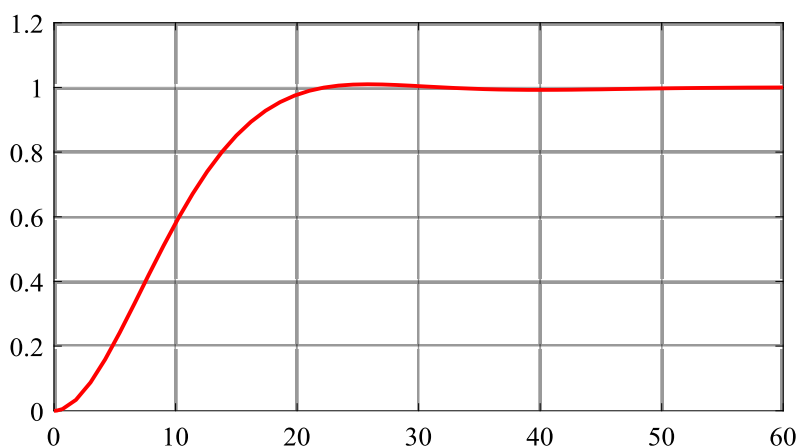
K_d		ес						
		NL	NM	NS	Z	PS	PM	PL
е	NL	PS	NS	NL	NL	NL	NM	PS
	NM	PS	NS	NL	NL	NL	NM	PS
	NS	Z	NS	NM	NM	NS	NS	Z
	Z	Z	NS	NS	NS	NS	NS	Z
	PS	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
	PM	PL	NS	PS	PS	PS	PS	PL
	PL	PL	PM	PM	PM	PS	PS	PL

Показники якості представлені у таблиці 4.

Таблиця 4 - Показники якості САР насосною установкою

Тип регулятора	Час регулювання	Перерегулювання
ПІ-регулятор	31	10
Fuzzy-ПІД-регулятор	20	0

На основі структури наведеної на рисунку 2 та даних таблиць 3.1 – 3.2 синтезовано структуру ПІД-регулятора з фазі-блоком автоматичного налаштування коефіцієнтів в Matlab, та побудовано перехідну характеристику, яка наведена на рисунку 4.

**Рис. 4 Моделювання САР з Fuzzy-ПІД-регулятором**

Аналіз отриманих результатів дає змогу стверджувати, що застосування Fuzzy-контролера із ПІД-регулятором надає можливість отримати систему керування тиском бурового розчину на вході у свердловину із суттєво іншими властивостями.

Висновки.

В результаті виконаного імітаційного моделювання встановлено показники якості перехідних процесів системи стабілізації тиску бурового розчину на вході у свердловину, котра побудована на основі використання різних типів регуляторів. Одержані результати надають можливість стверджувати, що

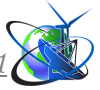


застосування Fuzzy-ПД-регуляторів надає змогу суттєво покращувати динамічні характеристики керування системи. Порівняно із використовуваним ПД-регулятором швидкодія системи підвищується на 11 секунд.

Література:

1. Sadlier A. Interoperability: An Enabler for Drilling Automation and a Driver for Innovation/A.Sadlier, M.Laing // Paper SPE/IADC 140114, presented at the SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, 2011. 2121. – P 66 – 75.
2. Sadlier A. Data Aggregation and Drilling Automation: Connecting the Interoperability Bridge between Acquisition, Monitoring, Evaluation and Control/A.Sadlier, M.Laing, J. Shields // Paper IADC/SPE 151412, presented at the IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition. 2012. N25. P 81 - 92.
3. Stock T. The Development and Successful Application of an Automated RealTime Drilling Fluids Measurement System/T.Stock, E.Ronaes, T.Fosssdal, J.Bjerkaas // Paper SPE 150439, presented at the SPE Intelligent Energy International, Utrecht, 2012, N25. – P 47 – 54.
4. Буровой насос УНБ-600 – ООО «ОЙЛЗИП» [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://oilzip.ru/nasos_unb_unb_brn.html.
5. Буровые трехпоршневые насосы УНБТ-600, УНБТ-950, УНБТ-1180, УНБТ-1500 [Електронний ресурс] – <http://aznefteximmash.narod.ru/zap4/pro4/UNBT.htm>.
6. Насос НБТ 475 [Електронний ресурс] – <http://www.sarmash.ru/product/product6/nbt475.html>.
7. Nazarenko O.M., Filchenko D.V. Parametric Identification of State-Space Dynamic Systems: A Time-Domain Perspective. \ International Journal of Innovating Computing, Information and Control. – Vol. 4, Number 7, 2008. – pp.1553-1566.
8. Yahia Ait Ali. Viewing Equivalence between Fuzzy and Linear Controller/Ait Ali Yahia, F. Benlefki // Proceedings/East West Fuzzy Colloquium 2000, 8th Zittau Fuzzy Colloquium: September 6-8, 2000. – P. 112-120.
9. PIVOŇKA, P.; DOKOUPIL, J. Sliding Window Recursive Neural Networks Learning Algorithm and its Application on the Identification in Adaptive PID. In 17th Zittau East- West Fuzzy Colloquium. Theodor-Korner- Allee 16, D- 02763 Zittau: 2010. p. 55-62. ISBN: 978-3-9812655-4- 5.
10. Демків Л.І. Дослідження впливу методу агрегації на характеристики системи з нечітким регулятором Такагі-Сугено// Вісник НТУ “ХПІ”, серія «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика». – 2013. – № 36(1009). – С.120-121.
11. Saravanakumar G., Wahidabanu R.S.D. and V.I.George, ‘Robustness and performance of modified smith predictors for processes with longer dead-times’, International journal on Automatic control and System Engineering: VOLUME 6, ISSUE 3, OCT 2006, page 41-46.

Abstract. The process of well washing, which belongs to the class of non-stationary dynamic stochastic objects, is considered. The presented work is aimed at improving the mathematical model



of the automatic control system, taking into account the limitations on the power of the drilling pumping unit.

It has been investigated that the only way to improve the quality of control is to use more complex regulators, which will reduce the negative impact of delays.

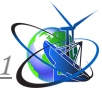
It was found that Fuzzy-PID controllers provide significantly better quality of automatic control compared to industrial automatic systems based on PI controllers, namely 0% overregulation and transient duration of 20 s in a wide range of changes in external influences and system parameters.

The obtained results are useful and important because they allow to increase the efficiency of the technological process of control of the technical hydraulic system for washing deep wells in the process of their deepening.

Keywords: modeling, well washing, regulator, well inlet pressure, control.

Стаття відправлена: 28.01.2022 р.

© Лагойда А.І., Лагойда Л.І.



UDC 69.059; 72.025; 721

MODELING OF RELIABILITY OF FOUNDATION STRUCTURES**МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ФУНДАМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ****Terentyev A.A. / Терентьев А.А.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0001-6995-1419

Gorbatyuk Ie.V. / Горбатьюк Е.В.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-8148-5323

Petrunko T.B. / Петрунко Т.Б.*c.p.s., as.prof. / к.пед.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-3261-3296

Dolya O.V. / Доля Е.В.*c.p.m.s., as.prof. / к.ф.-м.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2503-2634

*Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Povitroflotsky Avenue, 31, 03037**Киевский национальный университет строительства и архитектуры,**Киев, Воздухофлотский проспект, 31, 03037*

Abstract. Recently, volumes of works related to complex diagnostics and assessment of the technical condition of building structures, buildings and structures are growing significantly. Quite often there is a situation when performers do not have the opportunity to study the technical documentation for buildings and structures operated for a long time before examination. Such works are distinguished as an independent direction of construction production, covering a range of issues related to ensuring the operational reliability of buildings, repair and restoration work, reconstruction and development of project documentation.

Keywords: building, foundation design, expert system, confidence factor, damage defect, reliability index.

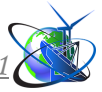
Introduction.

Recent years are constantly growing volumes of work related to complex diagnostics and assessment of the technical condition of building structures, buildings and structures. Quite often there is a situation when performers do not have the opportunity to study the technical documentation for buildings and structures operated for a long time before examination. Such works stand out as an independent direction of construction production [1, 2].

Inspection of buildings and structures includes the following complex of tasks [3]:

- preliminary inspection of the object;
- visual examination;
- instrumental examination;
- additional surveys (geology, geodesy, foundation disclosure);
- determination of bearing capacity of structures and other calculations;
- analysis, comparison and generalization of survey results;
- conclusions and recommendations.

One of the directions in the implementation of a set of tasks for the safe operation of buildings and structures is the examination of foundation structures.



This task includes:

- generalized assessment of specific foundation structures;
- generalization of partial coefficient calculation over foundation structures.

Modeling of reliability of foundation structures.

On the basis of the analysis, chains of logical removal of the building foundations are created. To solve this problem, experts independently give a probabilistic estimate based on their own experience [4].

The results of the logical output of the knowledge base are represented in the form of a damage tree - a hierarchical classification of types of damage.

In the course of logical output over the facts that make up the assumptions of the rules, logical operations are performed. As a result, complex conclusions are created.

The confidence coefficient method is based on heuristic observations derived from expert work: first, in traditional probability theory, the sum of event probabilities and its negation is one; but in practical activity, the assessment of the event's authenticity does not mean that this event is simultaneously evaluated for errors; Secondly, knowing the rules themselves is more important than knowing algebra for their computation.

A measure of confidence is an informal assessment, which the expert adds to the conclusion, for example: "probably it is," "maybe," "definitely," "nothing can be said" and so on.

A measure of confidence describes a human (subjective) estimation of a causal probabilistic measure. System performance is determined by the quality of the rules.

The advantage of the confidence coefficient method is largely to use sufficiently short sequences of combined rules and use fairly simple hypotheses. The disadvantages include the complexity of determining in many cases the coefficients of confidence, the lack of theoretical justification of the results.

The essence of fuzzy logic from the confidence factor is:

- using linguistic variables (instead of numerical);
- relations between variables described by fuzzy statements;
- complex relationships are determined by fuzzy algorithms.

The confidence factor is calculated according to the following rules:

1) with logical connection And between facts P_1 and P_2 :

$$C(P_1 \wedge P_2) = \min(C(P_1), C(P_2)); \quad (1)$$

2) with logical connection OR between the facts of P_1 and P_2 :

$$C(P_1 \vee P_2) = \max(C(P_1), C(P_2)). \quad (2)$$

The coefficients of confidence are attributed not only to the facts, but also to the rules. Denote the confidence factor of the rule through Cr . The coefficient Cr corresponds to the degree of truthfulness of the conclusion of the rule under true assumptions. If the assumptions are characterized by a $C_p = 1$ confidence coefficient, the C_v conclusion confidence coefficient is calculated by the formula:

$$C_v = C_p \cdot Cr. \quad (3)$$

Table 1 presents the basis of the rules of defects of the expert system for the constructive element of foundations.



Defects in the structure of foundations are considered as facts that create a rule assumption, so we determine the total coefficient for foundations according to the type (1, 2):

$$CF(FA \wedge FB) = \min(0,2; 0,3) = 0,2;$$

$$CF((FA \wedge FB) \vee FD) = \max(0,2; 0,4) = 0,4;$$

$$CF(((FA \wedge FB) \vee FD) \vee FK \vee FF) = \max(0,4; 0,65; 0,75) = 0,75 \rightarrow CF_{\text{пред}}.$$

We assume that the coefficient of confidence of the rule $CFr = 0,8$, then:

$$CF_{\text{висн}} = CF_{\text{пред}} \cdot CFr = 0,75 \cdot 0,8 = 0,6.$$

Table 1 - Base of rules of defects of the expert system for the constructive element of foundations

Elements	Formalized recording	Rule base for logical output chain
Foundations	If $FA \wedge FB$ to FC	- if the blind area (FA) cracks and no blind spot (FB) then blind area damage (FC);
	If $FC \wedge FD$ then FE	- if damage to the blind area (FC) and traces of moisture in the walls of the basement (FD) then the subsidence of the foundation (FE);
	If $FE \wedge FK$ and FF then FL	- if the subsidence of the foundation (FE) and mass through cracks to the entire height of the building (FK) and the wiping of the soil in the basement (FF) then the settling of the building (FL).

Figure 1 shows the chain of logical output during the expert system for the constructive element "Foundations."

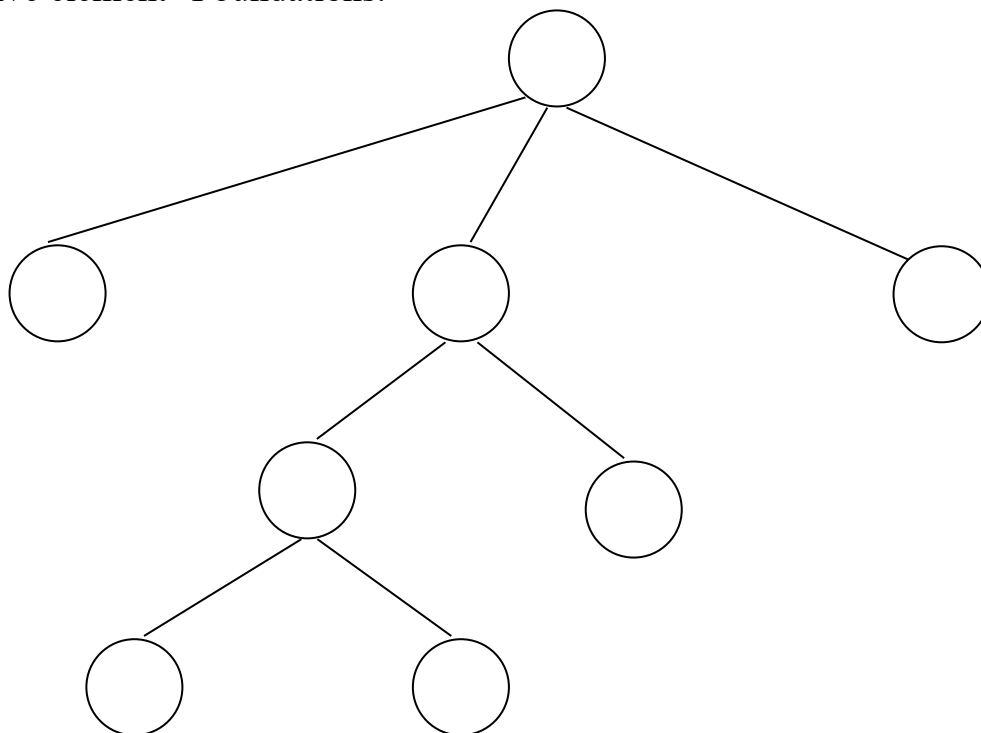


Figure 1 - Logical output chain when working expert system for constructive element "Foundations"



Correspondence of the state of the structure to the confidence factor is presented in Table 2.

Table 2 - Coefficients of confidence of normative state of foundation structures

No	Normative status	Confidence factor
1	II – satisfactory	0,00....0,25
2	II/III – satisfactory, bordering on unsuitable for normal operation	0,25....0,50
3	III – unsuitable for normal operation	0,50.....0,75
4	IV – emergency	0,75.....1,00

In the future, a more general approach is proposed related to the calibration of static methods and methods for investigating uncertainties.

In the partial coefficient method, the basic variables (i.e., actions, resistance characteristics and geometric characteristics of foundations) are obtained by using partial coefficients and the calculated values are checked, which should ensure that there are no exceeded corresponding boundary states during the examination of the basement element [5].

Numerical values for partial coefficients can be determined in two ways:

- based on calibration, based on long-term experiments and construction structures.
- based on statistical assessment of experimental data and field observations. (this should be done within probabilistic reliability theory).

Schematic review of various available methods of calculation formulas calibration for partial coefficient (boundary states in the examination of the technical condition of foundations) and relations between them are presented in Figure 2 [6].

Probability calibration procedures for partial coefficients can be divided into two main classes:

- fully probabilistic methods (level III);
- First Order Reliability Methods (FORM) (Level II).

In both Level II and Level III methods, a measure of reliability with probability should be identified

$$P_s = (1 - P_f), \quad (4)$$

where P_s – probability of viability; P_f – probability of destruction in relation to the considered form of destruction within the appropriate base period.

If the estimated probability of destruction is greater than a predetermined value, then the design of the constructive element should be considered unsuitable.

In Level II procedures, an alternative measure of reliability is conditionally determined using the reliability index β , which is associated with P_f :

$$P_f = \Phi \cdot (-\beta), \quad (5)$$

where Φ – cumulative function of the standard normal distribution.

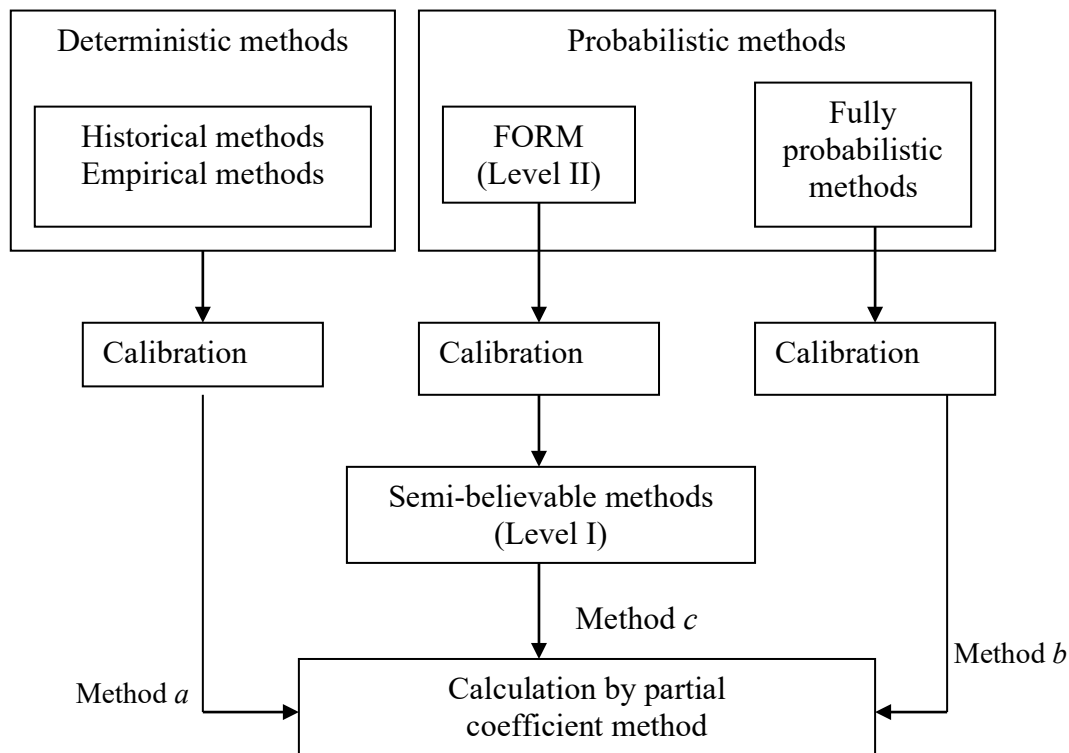
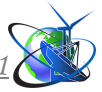


Figure 2 - General image of reliability methods

The likelihood of a foundation structure being destroyed by an P_f can be expressed through the efficiency function of q so that it is assumed that the structure will withstand a load without breaking if the $q > 0$ is destroyed if $q < 0$:

$$P_f = P_{rob} \cdot (q \leq 0). \quad (6)$$

If q has a normal distribution, β is taken as:

$$\beta = \mu_q / \sigma_q, \quad (7)$$

where μ_q – average; σ_q – standard deviation.

Conclusions.

1. For strength parameters of materials and structures, as well as uncertainties of models, a lognormal distribution or Weinbull distribution is usually used;
2. Normal distribution is usually used for the own weight of the structure;
3. When considering inspections that are not associated with fatigue, a normal distribution is used for variable actions to simplify. The distribution of extreme values would be more acceptable.

The actual frequency of destruction cases depends greatly on human errors (human factor), which are not considered in the calculation of partial coefficient.

Thus, q does not necessarily provide indication of the actual fracture frequency of the structure.

References

1. Mathematical Modeling of Online Transaction Processing System for Design of Building Territory / Tetyana Honcharenko, Kateryna Kyivska, Mariia Liashchenko, Oleksandr Terentyev, Ievgenii Gorbatyuk, Elena Dolya. 2021 IEEE 3rd



Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). August 26 – 28, 2021, Lviv, Ukraine. P. 552-556.

2. Olexander Terentyev, Olexander Poltorak. Risk assessment of delayed damage diagnostics of technical condition of building structures. Scientific Journal «ScienceRise» №2(31), February 2017. P. 42-45.

3. Evaluation methods of the results of the scientists' research activities based on citation analysis of publications / A. Biloshchytskyi, A. Kuchansky, Yu. Andrashko, S. Biloshchytska, O. Kuzka, O. Terentyev. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, № 3/2 (87), March 2017. P. 4-10.

4. Методи та моделі пошкодження автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва / Терент'єв О.О., Горбатюк Є.В., Доля О.В., Київська К.І., Азенко В.В., Бородиня В.В. Київ: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 38/2019, КНУБА, 2019. С. 82-91.

5. Increasing efficiency of information system of complex security of buildings protection / Terentyev A.A., Gorbatyuk Ie.V., Serpinska O.I., Borodinya V.V. Eastern European Scientific Journal. 2021. Vol. 1, № 3 (67): Technical science. P. 24-28. <https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.1.67>.

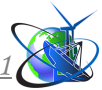
6. Terentyev A.A., Gorbatyuk Ie.V. Methods of non-parametric correlation and regression for assessment of the system of diagnostics of technical condition of complex security of buildings. Modern engineering and innovative technologies. Issue №18. Part 2. December 2021. P. 6-14. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-18-02-007.

Аннотация. В последнее время значительно растут объемы работ, связанные с комплексной диагностикой и оценкой технического состояния строительных конструкций, зданий и сооружений. Довольно часто возникает ситуация, когда исполнители не имеют возможности перед обследованием изучить техническую документацию на здания и сооружения, эксплуатируемые в течение длительного времени. Такие работы выделяются как самостоятельное направление строительного производства, охватывающее комплекс вопросов, связанных с обеспечением эксплуатационной надежности зданий, проведением ремонтно-восстановительных работ, работ с реконструкцией и разработкой проектной документации.

Ключевые слова: здание, фундаментная конструкция, экспертная система, коэффициент уверенности, дефект повреждения, индекс надежности.

Article sent: 14/02/2022

© Terentyev A.A., Gorbatyuk Ie.V., Petrunok T.B., Dolya O.V.



УДК 004

SOLVING THE PROBLEMS OF MANAGING THE SUPPLY OF RAW MATERIALS FOR THE FOOD COMPANY**РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ ПОСТАЧАННЯ СИРОВИНИ ТА МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ХАРЧОВОГО ПІДПРИЄМСТВА****Hrybkov S.V. / Грибков С.В.***d.t.s., as.prof. / д.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-2552-2839

Seidykh O.L. / Сєдих О.Л.*senior lecturer / старший викладач*

ORCID: 0000-0003-4590-2019

Chornobai K. Y. / Чорнобай К. Ю.*assistant / асистент*

ORCID: 0000-0002-5627-4444

*National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska 68, 01601**Національний університет харчових технологій, Київ, Володимирська 68, 01601*

Анотація. У роботі проведено дослідження проблеми забезпечення сировиною та матеріалами харчового підприємства. Представлена математична модель постачання сировини та матеріалів від різних постачальників з метою мінімізації витрат. Проведено аналіз методів та алгоритмів вирішення задач оперативно-календарного планування на харчових підприємствах. Проведений аналіз показав доцільність поєднання евристичних та метаевристичних алгоритмів, що будуть покладені в систему підтримки прийняття рішень для підприємств харчової галузі.

Ключові слова: управління виробництвом, планування, математичне моделювання, евристичні алгоритми.

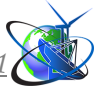
Вступ.

Діяльність будь-якого промислового підприємства можна умовно розділити на дві частини: перша - це безпосередньо виробничий процес, друга - фінансово-економічна діяльність підприємства. Вимоги до інформаційних систем щодо фінансово-економічної діяльності мають свою специфіку. Виробнича діяльність великого підприємства включає безліч технологічних циклів. При цьому споживається різні види сировини (як вихідне, так і проміжне), що потребує контролю технологічних ланцюжків на всіх етапах. Виникнення збою в технологічному циклі може призвести до важких фінансових збитків, а також призводити до виходу із ладу обладнання. Відповідно контроль повинен здійснюватися в реальному часі і безперервно, що висуває вимоги до продуктивності автоматизованих інформаційно-керуючих систем, гарантії якості послуг і їх надійності. Втім надійність і захищеність систем не в меншій мірі потрібні і для фінансово-економічної діяльності, так як обсяг вхідних і вихідних фінансових потоків, а також циркулюючих всередині підприємства дуже великий [1, 2, 3].

Однією з основних задач є задача логіста із забезпечення сировиною виробничого процесу для виконання замовлень.

Аналіз літературних джерел

До основних систем управління запасами відносять системи: з фіксованим



розміром замовлення; з фіксованим інтервалом часу між замовленнями (з фіксованою періодичністю замовлення). Усі інші системи базуються на їх основі [1]. Найбільш поширеною є система з фіксованим розміром замовлення. У ній розмір замовлення є постійною величиною, яка не змінюється за жодних умов роботи системи, а чергові поставки здійснюються через нерівномірні інтервали часу. Недоліком системи з фіксованим розміром замовлення є необхідність систематичного обліку руху залишків матеріальних цінностей на складі з метою недопущення моменту досягнення “точки замовлення”, а також необхідність сталого заготівельного періоду.

У системі з фіксованим інтервалом часу між замовленнями продукція замовляється і надходить на склад через однакові проміжки часу, а розмір замовлення регулюється завдяки зміні величини партії поставки.

Регулюючими параметрами цієї системи є максимальний бажаний запас та інтервал часу між двома замовленнями чи черговим надходженням товару.

Основи логістики викладено в роботах Гаджинського А. М. [4] та Кальченко А. Г. [5]. Робота Фесенко К. Е. присвячена технології транспортування матеріальних ресурсів. Формування логістичної концепції на основі оцінки інноваційних ризиків розглянуто в роботі [6] автора Захарова К. В. Однак в цих роботах не враховується специфіка конкретних галузей, а саме молокопереробної. Автор Гришова І. Ю. у роботі [7] розглянула проблеми управління запасами для молокопереробних підприємств. Дж. Койле в роботі визначив основні напрямки розвитку логістики на промислових підприємствах. Проблема управління постачання сировини розглядається у працях М. Гордона, Є. Когана, О. Новікової. Основні методологічні підходи до управління постачанням та математичні моделі логістичних закономірностей викладені у роботах закордонних авторів: Дж. Джонсон, О. Уайт, Дж. Шапіро та ін. [7].

Як показав аналіз, зазначена проблема логістики постачання в теорії вітчизняного менеджменту розроблена недостатньо. Враховуючи вище зазначене, актуальними завданнями є пошук підходів для здійснення кількісної оцінки, аналізу та прогнозування різних варіантів стратегій управління поставками за логістичною концепцією. Питання управління постачанням в логістичній системі і розробки відповідного методичного апарату для вітчизняних підприємств потребують в наш час подальшого опрацювання в напрямі розроблення селективних прикладних моделей. Серйозне підприємство нерідко є конгломератом кількох незалежних один від одного, але пов'язаних виробництв. Залежно від розмірів підприємства і галузі, в якій воно спеціалізується, кількість цих виробництв може варіюватися. Відносна автономність всіх виробництв однак потребує їхню злагоджену роботу і спряженість технологічних циклів. У зв'язку з цим необхідно створювати ряд незалежних один від одного автоматизованих підсистем і забезпечувати їх інтеграцію між собою.

Математична модель оптимізації витрат на постачання сировини

Основною задачею підприємства є отримання максимального прибутку від задоволення попиту, яка «полягає» у виконанні замовлень на виготовлення



продукції в повному асортименті та обсязі у заданому проміжку часу. Тому цільовою функцією буде функція (1), що описує різницю між отриманням прибутку (від проданої продукції) та сумарними збитками за кожен період t .

$$F = \sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^I \left(cgp_{it} * x_{it} - \sum_{v=1}^V f_{vti} \right) \right) \rightarrow \max, \quad (1)$$

де t – момент часу, який $t \in T$;

T – плановий період;

i – вид продукції, що відповідає замовленню, який $i \in I$;

I – загальна кількість замовлень;

cgp_{it} – ціна продажу одиниці i -го виду готової продукції на момент часу t ;

x_{it} – обсяг i -го виду готової продукції на момент часу t , повинно бути

$0 \leq x_{it}$;

$\sum_{v=1}^V f_{vti}$ – сумарні витрати при виготовленні i -го виду продукції на момент

часу t ;

f_{vti} – частковий v -й критерій для i – го виду продукції на момент часу t ;

v – номер часткового критерію;

V – кількість часткового критерію.

Основним критерієм з мінімізації витрат на придбання та доставку необхідної кількості сировини та матеріалів у різних постачальників для виготовлення i – го виду продукції на момент часу $t \in (2)$.

$$f_{iti} = \sum_{j=1}^J \sum_{p=1}^P \left((cs_{jp} + cps_{jp}) * vs_{jp} \right) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де cs_{jp} – ціна одиниці j -го виду сировини та матеріалів у p -го постачальника;

cps_{jp} – вартість перевезення одиниці j -го виду сировини та матеріалів від p -го постачальника;

vs_{jp} – обсяг j -го виду сировини та матеріалів від p -го постачальника;

J – кількість видів ресурсів;

P – кількість постачальників.

На момент часу t необхідно забезпечити достатню кількість сировини, необхідної для виготовлення x_{it} обсягу готової продукції.

$$\sum_{p=1}^P vs_{jp} \geq V_{jt}, \quad (3)$$

де vs_{jp} – обсяг j -го виду сировини та матеріалів від p -го постачальника;

V_{jt} – мінімальний обсяг j -го виду сировини, необхідний для виготовлення усієї продукції на момент часу t , $V_{jt} = \sum_{j=1}^J (x_{it} * v_{sn_{ij}})$, де $v_{sn_{ij}}$ – необхідний обсяг j -го виду сировини для виготовлення одиниці i -го виду продукції.

Необхідно враховувати, що окремі постачальники можуть на певний період часу не мати можливості забезпечити придбання необхідної кількості



певного виду матеріалів, тоді доведеться докуповувати цей вид ресурсу у іншого постачальника за його цінами. Така умова описується формулою (4).

$$vs_{jpt} \leq Vp_{jpt} \quad (4)$$

де vs_{jp} – обсяг j -го виду сировини та матеріалів від p -го постачальника на момент часу t ;

Vp_{jp} – максимальний доступний обсяг j -го виду сировини та матеріалів у p -го постачальника на момент часу t .

Обов'язково враховується територіальне розміщення постачальника та транспортні витрати на доставку ресурсів. Якщо такі витрати перевищують певну визначену величину, то підприємству доцільніше придбати сировину та матеріали у інших постачальників за вищими цінами, але з меншими транспортними витратами. Така умова описується обмеженням (5).

$$\sum_{j=1}^J cts_{jpt} * vs_{jpt} \leq CT_{jt}, \quad (5)$$

де vs_{jpt} – обсяг j -го виду сировини та матеріалів від p -го постачальника на момент часу t ;

cts_{jpt} – вартість транспортування одиниці j -го виду сировини та матеріалів від p -го постачальника на момент часу t ;

CT_{jt} – максимальний доступний обсяг j -го виду сировини та матеріалів у p -го постачальника на момент часу t .

Обсяги поставок не можуть мати від'ємні значення та мають наступне обмеження (6).

$$0 \leq vs_{jpt}, j = 1..J, p = 1..P. \quad (6)$$

Підприємство випускає I видів продукції, використовуючи J видів ресурсів. При цьому відомі запаси кожного j -го виду ресурсу (B_j), витрати кожного виду ресурсу на випуск одиниці кожного i -го виду продукції (vs_{nij}).

Задача має ряд класичних обмежень, а саме: обмеження на вміст складів виробничих та регіональних; обмеження на час виконання; обмеження за вартістю. Побудована математична модель відноситься до NP-повних багатокритеріальних комбінаторних задач. Необхідно забезпечити не тільки оптимізацію за цільовою функцією, а й за можливістю отримувати усі оптимальні варіанти. В результаті проведених досліджень літературних джерел було зроблено висновок про доцільність використання метаевристичних популяційних алгоритмів бджіл та кажанів для розв'язання задачі виготовлення та розподілення сировини та готової продукції у діалоговому режимі з ОПР (особою яка приймає рішення).

Огляд основних алгоритмів вирішення подібної задачі

Види алгоритмів, за допомогою яких реалізуються задачі даного типу, поділяються на: точні; евристичні, метаевристичні.

Точні алгоритми — алгоритми, які пропонують вираховувати всі можливі рішення, поки не буде досягнуто кращого з них. Через те, що задача відноситься до класу NP-складної, точні алгоритми можуть бути використані



тільки для задач з малою кількістю вхідних даних, тому вони не підходять для вирішення реальних задач [8-12].

Метаевристичні алгоритми використовуються у пошуку рішення задач, для яких доступно дуже мало допоміжної інформації, але існує оптимально наближене рішення. Найчастіше використовують такі метаевристичні алгоритми: мурашиний алгоритм (ant algorithm); імітація відпалу (deterministic annealing); генетичні алгоритми (genetic algorithm); табу-пошук (tabu search) [12-14].

Евристичні алгоритми – це алгоритми, побудовані на деякому правилі (евристиці), яке не завжди має строгу математичну основу, а також забезпечує в більшості випадків рішення наближене до точного. Такі алгоритми спроможні знайти рішення проблеми, але не гарантують його оптимальність, адже є наближеними і неточними. Вони знаходять дійсно найкраще рішення, але вони все одно будуть називатися евристичними до тих пір, поки не буде доведено, що рішення дійсно найкраще. Евристичні алгоритми діляться на: двофазні алгоритми; конструктивні алгоритми; покращуючі алгоритми [13-15].

Результати та висновки

Отже, проаналізувавши існуючі алгоритми оптимізації, можна зробити висновок, що доцільно використати комбіновані евристичні та метаевристичні алгоритми пошуку, що можуть забезпечити ефективність пошуку рішення за короткий час.

Проведений аналіз літературних джерел та результати власних досліджень дають змогу стверджувати про доцільність використання комбінованих евристичних та метаевристичних алгоритмів пошуку, що можуть забезпечити ефективність пошуку рішення за короткий час в залежності від параметрів задачі забезпечення постачання сировини.

В рамках науково-дослідної роботи кафедри інформатики говориться відбувається створення інформаційної системи підтримки прийняття рішень, що буде базуватися на використанні евристичних та метаевристичних алгоритмах й їх комбінаціях для вирішення задач управління підприємств харчової галузі. Планується використання зазначеної системи для відділу матеріально-технічного забезпечення, використовуючи зазначені алгоритми, формувати графіки постачання сировини та матеріалів для забезпечення оптимального виконання замовлень на виготовлення продукції.

Література:

1. Трифонова О. В., Трушкіна Н. В. (2019) Стан, проблеми та тенденції розвитку транспортної логістики в Україні. Вісник економічної науки України, № 1 (36). С. 143-149.
2. Іванов С. В., Харазішвілі Ю. М. (2017) Інноваційні фактори розвитку транспортної системи України. Вісник економічної науки України, № 2 (33). С. 47-55.
3. Крикавський Є. В. (2016) Промислові ланцюги поставок: між ефективністю та відповідальністю. Актуальні проблеми економіки, № 5 (179). С. 30-42.



4. Гаджинский А. М. (2001) Логистика. М.: Маркетинг”, 396 с.
5. Кальченко А. Г. (2003) Логістика. К.: КНЕУ, 284 с.
6. Захаров К. В., Бочарников П. В., Захаров А. К., Циганок А. В. (2000) Логистика, эффективность и риски внешнеэкономических операций. К.: ИНЭКС, 217 с.
7. Гришова И. Ю., Щербата М. Ю. (2013) Аналитическое обеспечение управления структурой оборотных активов молокоперерабатывающих предприятий. Экономический вестник Донбасса, №32. С. 101-106.
8. Szczepanik T., Skowron-Grabowska B., Nowakowska-Grunt J., Brzozowska A. (2017) The Application of Computer Systems Used in Logistics Centres by Courier Companies. Management, № 12(2). P. 145-153.
9. Hoskins M., Lobit H., Pillac V., Vidal T., Vigo D., Mendoza J.E., Guéret C. (2014) RP-REP: the vehicle routing community repository. Third meeting of the EURO Working Group on Vehicle Routing and Logistics Optimization. 89 p.
10. Francesco F. (2013) Pro-active Dynamic Vehicle Routing. Operations Research. 280 p.
11. Anoop S., Nathan B., Kelly C. (2015) Comparison of Approximate Approaches to Solving the Travelling Salesman Problem and its 42 Application to UAV Swarming. University of Cincinnati, USA. 17 p.
12. Левитин А. В. (2006) Метод грубой силы: Задача о рюкзаке, Алгоритмы: введение в разработку и анализ = Introduction to The Design and Analysis of Algorithms. М.: Вильямс, С. 160-163.
13. Романовская А. М., Мендзив М. В. (2010) Динамическое программирование: Учебное пособие. Омск. 58 с.
14. Gendreau M., Potvin J.-I. (2019) Handbook of Metaheuristic, 3rd ed, Springer International Publishing AG. 604 pp.
15. Hrybkov S. V., Lytvynov V. A., Oliinyk H. V. (2018). Web-Oriented decision support system for planning agreements execution. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 3/2. (99) P. 13–24.
16. Hrybkov S., Kharkianen O., Ovcharuk V., Ovcharuk I. (2020) Development of Information technology for planning order fulfillment at a food enterprise. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 1/3. (103) P. 62-73.

Abstract. *In the work, there is conducted research on the problem of providing the food company with raw materials and materials. The paper presents a mathematical model of getting raw materials from different suppliers in order to minimize costs. The analysis of methods and algorithms for solving problems of operational and calendar planning at food enterprises is carried out as well. The conducted analysis has shown the expediency of combining heuristic and metaheuristic algorithms which will be applied in the decision support system for food companies.*

Keywords: *production management, planning, mathematical modeling, heuristic algorithms.*

Статья отправлена: 23.02.2022 г.

© Грибков С.В., Сєдих О.Л., Чорнобай К.Ю.



УДК 57.089; 004.8.032.26

**ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AS A TOOL FOR JUDICIAL
DECISION-MAKING IN THE ANGLO-SAXON LAW SYSTEM
ИСКУССТВЕННАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРИНЯТИЯ
СУДЕБНЫХ РЕШЕНИЙ В АНГЛО-САКСОНСКОЙ СИСТЕМЕ ПРАВА**

Alyoshin S.P. / Алешин С.П.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,
Poltava, Pershotravnevyy Ave. 24, 36011*

Haitan O.M. / Гайтан Е.Н.

ORCID: 0000-0002-7228-9937

*National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»,
Poltava, Pershotravnevyy Ave. 24, 36011**Национальный университет «Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка»,
Полтава, Первомайский проспект 24, 36011*

Аннотация. Прецедентное право – правовая система, в которой основным источником права признается судебный прецедент – решение, вынесенное по какому-либо делу, обязательно для всех судов равной и низшей инстанции при рассмотрении ими аналогичных дел. В случае применения прецедентной системы права судьи обязаны руководствоваться вынесенными решениями ситуативно похожих дел, признавая их истинность и правомерность, не могут отступать от них даже при наличии некоторых противоречивых факторов. Возрастающее число аналогичных решений становится обременительным для эксперта, если имеются отличия по существу дел. Для обеспечения достоверности принятия решений в системе прецедентного права рассматривается синтез ансамбля нейросетевых моделей распознавания степени виновности субъекта исследования по совокупности прецедентов предыстории, накопленных в базе данных. Задача принятия судебного решения сводится к распознаванию классов в пространстве номинальных признаков. Рассматривается формирование перечня признаков из набора прецедентов соответствующих тому или иному решению суда и заполнение исходной таблицы, в которой классами является решение (виновен-не виновен), а признаками – наличие или отсутствие соответствующих условий. Описана функциональная зависимость степени вины субъекта от набора ситуаций с применением технологии принудительного обучения нейросетей. Практическая значимость результатов исследования состоит в создании программного инструментария для поддержки принятия решений в прецедентной системе права и создании дополнительного, независимого от субъективизма, канала принятия решений. Разработанная технология, методический, алгоритмический и программный инструментарий позволяют автоматизировать анализ и принятие судебных решений, минимизируя влияние человеческого фактора, что объективно повышает авторитет и доверие к судебной системе власти.

Ключевые слова: судебная система, прецедентное право, вина субъекта, нейросетевая модель, алгоритм обратного распространения ошибки.

Вступление.

Англо-саксонская правовая система основана на прецедентном праве. Прецедентное право – правовая система, в которой основным источником права признается судебный прецедент – решение, вынесенное по какому-либо делу, обязательно для всех судов равной и низшей инстанции при рассмотрении ими аналогичных дел [1-4]. Прецедентное право обладает определенной обязательностью, которая проявляется в обязанности судей



руководствоваться вынесенными решениями ситуативно похожих дел, невозможности отступить от них даже при наличии некоторых противоречивых факторов, влияющих на целесообразность и справедливость. Судья при рассмотрении вопросов, уже получивших судебные решения, должен признавать их истинность и правомерность [3-4].

Постоянно возрастающее число аналогичных решений становится обременительным для эксперта, если имеются многочисленные отличия по существу дел. Это порождает противоречивость в подходе к принятию решения и ставит эксперта перед выбором: уклониться от прецедента или отклонить его, если имеются отличия по существу конкретной ситуации. В ходе рассмотрения какого-либо дела эксперту невозможно учесть все касающиеся его прецеденты, что обуславливает появление конфликтующих, противоречивых решений [2-4].

Этого недостатка лишены автоматизированные нейросетевые экспертные системы, так как они оперируют всеми накопленными знаниями (прецедентами), сохраненными в базах данных, и не ограничены ни памятью, ни быстродействием в анализе всего возможного множества прецедентов [5]. Точность достигается посредством большого количества дел в отчетах. Это позволяет говорить о репрезентативности выборки примеров и дает основание утверждать, что принудительное обучение нейросетевых моделей в базисе аналогичных судебных решений на всем множестве зафиксированных дел, дает объективную основу для синтеза нейросетевых систем автоматического принятия решений в рамках прецедентного права.

Цель исследования.

Для обеспечения достоверности, оперативности, бескомпромиссности и точности принятия решений в судебной системе прецедентного права, предлагается синтезировать ансамбль нейросетевых моделей распознавания степени виновности (или не виновности) субъекта исследования по совокупности прецедентов предыстории, накопленных в базе данных. Предметный специалист – эксперт составляет перечень признаков из набора прецедентов соответствующих тому или иному решению суда и заполняет исходную таблицу, в которой классами является решение (виновен – не виновен), а признаками – наличие или отсутствие соответствующих условий. Имеющийся алфавит признаков при существующем множестве прецедентов предыстории [6] позволяет свести задачу принятия судебного решения к распознаванию классов в пространстве номинальных признаков [7], так как дела рассматриваются однотипные по условию задания. С учетом существующей практики принятия судебных решений по совокупности однотипных прецедентов [1,2] целесообразно решить эту задачу на основе принудительного обучения ансамбля нейросетевых моделей различной парадигмы, архитектуры, сложности и синтезировать сеть как инструмент принятия решения на основе отнесения набора исследуемых признаков данного субъекта к соответствующему классу. В предметной области это соответствует установлению степени вины (или невиновности).

Таким образом, конечной целью исследования является синтез ансамбля нейросетевых моделей поддержки принятия решения в пространстве



однотипных признаков с указанием их наличия или отсутствия в каждой конкретной ситуации. При этом их наличие или отсутствие фиксируется в номинальном выражении (символами) и может быть легко представлено таблично [5,8].

Математическая постановка задачи.

С точки зрения формализации процесса распознавания классов (ответственности субъекта) необходимо построить отображение входного вектора данных на результат экспертизы, аппроксимирующее зависимость “наличие факторов – вывод”. В общем случае признаки и классы в данной задаче являются векторными величинами:

$$|Y(t)| = F |X(t)|, \quad (1)$$

где $Y(t)$ – номер класса состояния субъекта; $X(t)$ – вектор текущих значений входных признаков; F – функционал преобразования массива признаков в номер класса. В основу классификации предлагается положить использование обучаемой искусственной нейронной сети с обратным распространением ошибки как инструмента автоматического распознавания классов.

Формализуем задачу распознавания классов в пространстве установленных признаков выражением:

$$\text{Max } F(S, X) \text{ при } \delta \leq \delta_0, \quad (2)$$

где $F(S, X)$ – решающее правило распознавания классов S в пространстве признаков X ; $s \in S$, S – множество распознаваемых (ситуаций) ответственности субъекта; $x \in X$, X – множество входных факторов; δ – степень адекватности модели; δ_0 – допустимые ошибки обучения моделей.

Совокупность входных факторов $X^n = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset X$ совместно с алфавитом классов обеспечивают реализацию известного правила распознавания образов [3]. Субъект с набором признаков принадлежит к соответствующему классу, если функция правдоподобия $L\{\omega, \{\omega_g\}\}$ достигает максимального значения, т.е.:

$$\omega_g \in \Omega_k, \text{ если } L(\omega, \{\omega_g\}) = \sup_i L(\omega, \{\omega_i\}) \quad (3)$$

где $\vec{X} = \{x_1, \dots, x_n\} \in X$, при этом $L(\omega, \{\omega_g\})$ – правило отнесения степени ответственности субъекта ω_g к соответствующему классу; ω_g – множество возможных состояний субъекта (p, g) в пространстве признаков (k, l) при всех их возможных сочетаниях $(\omega_{pk}, \omega_{gl})$.

Аппроксимация функции степени ответственности субъекта в пространстве зафиксированных признаков

Нейросетевое моделирование в задаче оценки степени ответственности в судебном решении базируется на известной теореме о представлении функции нескольких аргументов через сумму композиций функций одной переменной и ее адаптации к нейросетевому формату Хехт-Нильсена [5]:

$$y(x) = \alpha \sum_{i=1}^H v_i (w_{i1}x_1 + w_{i2}x_2 + \dots + w_{in}x_n + u_i), \quad (4)$$

где H – мощность обучающей выборки, α, v – параметры нейросети, n –



количество нейронов, $w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}$ – весовые коэффициенты нейронов.

При этом утверждается, что существует такой набор чисел H, n, α, v_i, u_i , при которых функция y аппроксимируется рядом (4) на всей области ее определения и может быть реализована с помощью трехслойной нейронной сети с любой наперед заданной погрешностью [5]. Это классическое общепринятое положение, ибо является основой всех последующих процедур. Действительно, если удастся установить детерминированную аналитическую связь всей совокупности выбранных признаков с набором установленных классов (степенью ответственности), то задача сводится к реализации простых инструментальных процедур присвоения номера класса совокупности признаков, поступающих на вход синтезированной модели.

Обучающая выборка по условию задачи реализуется в номинальном виде (символами) и представлена таблично, как показано на фрагменте (рис. 1.):

	1 Var1	2 Var2	3 Var3	4 Var4	5 Var5	6 Var6	7 Var7	8 Var8	9 Var9	10 Var10	11 NewVar
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
3	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
5	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
6	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1
7	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
8	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1
9	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0

Рис. 1. Вид фрагмента обучающего множества примеров предыстории

Степень вины может иметь различные градации. В нашем случае для демонстрации работоспособности технологии взят простой вариант: 1 – виновен; 0 – не виновен. Наличие или отсутствие в деле тех или иных условий (факторов) так же фиксируется цифрами 1, 0 (наличие, отсутствие).

Аналитическое представление модификации коэффициентов сети

Модификация синаптического множества нейросети базируется на переборе всех возможных вариантов сочетаний весов синапсов по алгоритму обратного распространения ошибки осуществляется на основе градиентного метода [5]:

$$W^{t+1} = W^t - \eta \cdot \text{grad } E(W^t) \quad (5)$$

$$\text{или } w_{hq}^{(n)}(t) = w_{hq}(t-1) + \Delta w_{hq}^{(n)}(t), \quad w_{hq}(t-1) = w_{hq}(t) + \alpha \frac{\partial E(k)}{\partial w_{hq}(t)}, \quad (5a)$$

где w – массив синаптических коэффициентов; q – номер выхода нейрона в n -м слое; h – номер входа нейрона в n -м слое; n – номер слоя сети.

Окончание процесса обучения определяется достижением условия:

$$\frac{1}{mn} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (y_{ij} - d_{ij})^2 \Rightarrow \min(\delta \leq \delta_0), \quad (6)$$

где y_{ij} – текущее состояние субъекта; d_{ij} – результат обучения (отклик) сети на j -м выходе, при i -м примере обучающей выборки; $j = 1, n$ – номер выхода сети; $i = 1, m$ – номер примера; m, n – размерность массива примеров и числа выходных элементов сети.



Таким образом, в результате принудительного обучения ансамбля моделей на репрезентативной выборке примеров из судебной практики однотипных ситуаций реализуется алгоритм обратного распространения ошибки до достижения условия (6).

Далее фиксируется ансамбль результативных моделей по значениям требуемой производительности и допустимым значениям ошибок на обучающем и тестовом множествах.

Экспериментальные исследования для различных вариантов размерности вектора входных признаков и мощности выборки примеров в целом показали устойчивую сходимость процесса обучения к допустимым за приемлемое время, отраженное числом эпох при визуализации результатов (рис. 2):

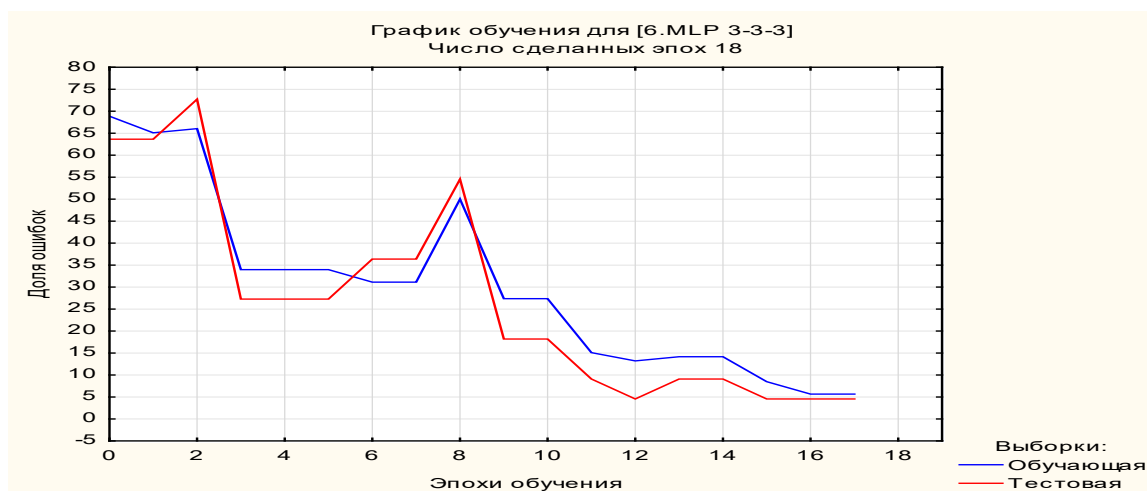


Рис. 2а. Визуализация динамики итерационного процесса обучения

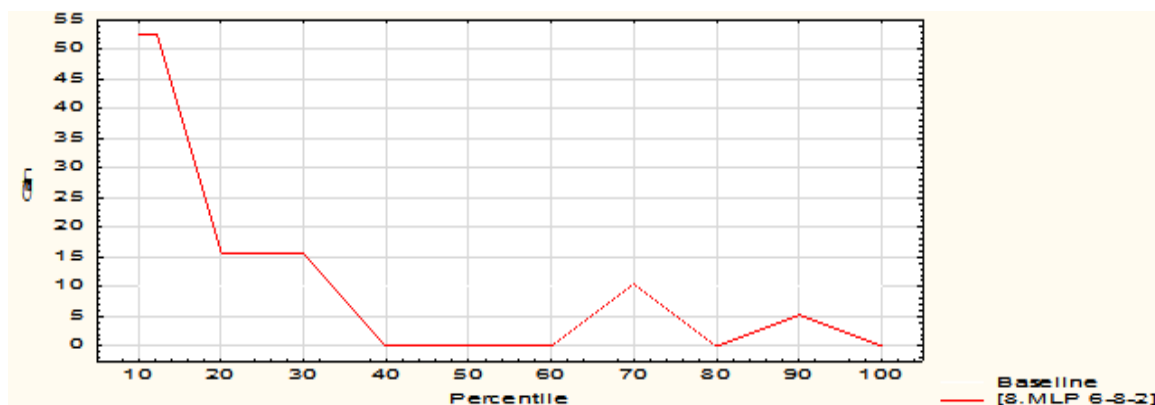


Рис. 2б. Визуализация динамики итерационного процесса обучения

Инструментально проект реализуется стандартным пакетом технического анализа данных [5].

Таким образом, нейросетевое обеспечение принятия решений в системе прецедентного права реализовано в базисе искусственных нейронных сетей в среде существующих пакетов нейроэмуляторов и реализуется как приложение в программном коде пакета технического анализа. Адекватность ансамбля моделей достигается обеспечением требуемой производительности и допустимых ошибок на обучающем, контрольном и тестовом множествах.



Выводы

Для нейросетевого обеспечения принятия решений в прецедентной системе права необходимо найти функциональную зависимость степени вины субъекта от набора ситуаций. Эта задача решена применением технологии принудительного обучения нейросетей и реализована ансамблем моделей как задача распознавания образов.

Практическая значимость результатов исследования состоит в создании программного инструментария для поддержки принятия решений в прецедентной системе права и создании дополнительного, независимого от субъективизма, канала принятия решений. Разработанная технология, методический, алгоритмический и программный инструментарий позволяют автоматизировать анализ и принятие судебных решений, минимизируя влияние человеческого фактора, что объективно повышает авторитет и доверие к судебной системе власти.

Литература:

1. Максимов А.А. Прецедент как один из источников английского права // Государство и право. 1995. №2.
2. Романов А. К. Правовая система Англии: учеб.пособ. / А. К. Романов. – 2-е изд., испр. – М.: Дело, 2002. – 344 с.
3. Богдановская И.Ю. Прецедентное право: монография / И.Ю. Богдановская. М.: ИНФРА-М, 2020. – 240 с.
4. Давид Р. Основные правовые системы современности / Р. Давид, К. Жоффре-Спинози; пер. с фр. В.А. Туманова. – М.: Международные отношения, 2003. – 400 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс. 2-е издание. – М.: "Вильямс", 2006. – 1104 с.
6. Алешин С.П. Интеллектуальные технологии стратегического менеджмента предприятия в базисе искусственных нейронных сетей / Е.Н. Гайтан, С.П. Алешин // Modern engineering and innovative technologies. – 2020. – Issue 14. Part 2. – P. 24-29.
7. Alyoshin S.P. Neural network support for introscopy of internal structure and properties of the building constructions / S.P. Alyoshin, E.A. Borodina, O.M. Haitan, O.E. Zuma // Системы управления, навигации и связи. – 2020. – Т. 3 (61). – С. 69-74.
8. Alyoshin S.P. Neural network technology of recognition of hacker applications for traffic interception and analysis / S. Alyoshin, O. Haitan // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2020 : тези П'ятнадцятої міжнар. н.- практ. конф. – Чернігів: ЧНТУ, 2020. – С. 162 – 164.

Abstract. Case law is a legal system in which judicial precedent is recognized as the main source of law; it is a decision made in any case that is binding on all courts of equal and lower instance when they consider similar cases. In the precedent system of law judges are obliged to be guided by the decisions made in similar cases, recognize their truth and legitimacy, and cannot deviate from them even in the presence of some conflicting factors. An increasing number of similar decisions becomes burdensome for the experts if there are differences on the merits of the cases. To



ensure the reliability of decision-making in the case law system, the synthesis of an ensemble of neural network models for the guilty recognition is considered based on a set of prehistory precedents accumulated in the database. The task of a judgment making is reduced to recognizing classes in the space of nominal features. The article considers the formation of a feature list from a set of precedents corresponding to a particular court decision and filling in the initial table, in which the classes are the decision (guilty or not guilty), and the features are the presence or absence of relevant conditions. The functional dependence of the guilty degree on a set of situations is described with using the technology of neural network forced learning. The practical significance of the results is creation of the software tools for decision-making support in the case law system and creation of an additional, independent of subjectivism, decision-making channel. The developed technology, methodological, algorithmic and software tools make it possible to automate the analysis and adoption of judicial decisions, minimizing the influence of the human factor, which objectively increases the authority and confidence in the judicial law system.

Key words: case law, judicial precedent, guilty, network model, error back propagation algorithm.

Статья отправлена: 28.02.2022 г.

© Алешин С.П., Гайтан Е.Н.



UDC 621.431

OPTIMIZATION OF WORKING PROCESSES OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES WITH THE PURPOSE OF IMPROVING THEIR ENVIRONMENTALITY

Rozum R.I.

c.t.s., as.prof.

ORCID: 0000-0001-7812-8248

Shevchuk O. S.

c.t.s., as.prof.

ORCID: 0000-0001-8283-4620

Prohnii P. B.

c.t.s., as.prof.

West Ukrainian national university, Ternopil, L'vivs'ka 11, 46020

Abstract. The analysis of the factors influencing ecological and economic indicators of work of automobile internal combustion engines is carried out in the work. The current state of the automotive market and the share of cars equipped with internal combustion engines are shown. The search for ways to optimize the working processes of engines in order to improve their environmental friendliness and efficiency. It is shown that some methods do not require additional investment, and some require intervention at the state level. Prospects for further use of motor vehicles with internal combustion engines are reflected.

Key words: engine, internal combustion engine, car exhaust, pollutants, environmental friendliness.

Introduction. Mankind has long questioned the greening of the car. As you can see, every year the requirements for automotive exhaust gases are constantly increasing. Today, almost all car companies have fully electric or hybrid cars in their lineup. Beginning in 2019, Daimler stopped developing new types of internal combustion engines. More and more cities in different countries are introducing a ban on entry into their central part not only for cars with diesel engines, but also with internal combustion engines in general [1]. At the same time, many car companies are declaring plans to stop production of cars with internal combustion engines and switch to environmentally friendly drive.

The future of electric cars. At least that's what various experts often say. But it is not necessary to bury cars equipped with internal combustion engines prematurely.

Main text

Competition for the use of electric motors or internal combustion engines in the automotive industry is intensifying. The share of cars that use electric drive is constantly growing. Thus, during the first half of 2021, more than 350,000 new electric vehicles were registered in the European Union, of which almost 150,000 were in Germany. Even more common are various hybrids - more than 1 million pieces. However, it should be noted that the number of purchased cars with internal combustion engines running on gasoline is stable and is within 2.25 million units, which is much more than the purchased electric cars and hybrids combined almost three times. In contrast to gasoline, the share of cars running on diesel fuel is declining sharply and is already on a par with hybrids [2]. This trend is explained primarily by the large number of different incentives from states and producers.



The desire to abandon the use of ICEs that run on fossil fuels is not new. Different countries of the European Union have set different time frames, for example, Norway plans to stop selling such cars in 2025. In July this year, the Ministry of Infrastructure of Ukraine proposed to amend the Law of Ukraine "On Some Issues of Importation into the Customs Territory of Ukraine and the First State Registration of Vehicles", namely to phase out the first state registration in Ukraine of cars equipped with internal combustion engines. Thus, to ban the import of used cars with diesel engines to Ukraine from 2027, and from 2030 - all other cars running on fossil fuels. At the same time, the introduction of an environmental tax on CO₂ emissions is initiated.

The need to approximate the real performance characteristics of modern internal combustion engines to international standards of exhaust gas toxicity requires the use of all possible reserves to improve their environmental friendliness. The latter depends not only on certain design parameters, but also on their production and subsequent operation.

Experience shows that the following greening reserves should be considered really effective:

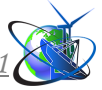
- increase the accuracy of manufacture;
- maintenance of the technical level of engines in the process of their operation, due to the timely passing of technical inspection and repair;
- optimization of operating modes during operation.

The working processes that take place in the cylinders of internal combustion engines at any steady state of operation always have some differences. This is due to the presence of design deviations of both individual parts and assembly units as a whole. There are many reasons for such deviations, such as errors in the equipment on which the parts were made, changes in the size of the cutting tool during its operation, measurement errors, the human factor and so on.

There are cases when the engine, composed of parts of good quality, in the process of testing does not meet technical standards. Obtaining higher accuracy of machining of parts in practice is faced with the impossibility of technological support or economic feasibility of such production. Therefore, bringing the engine parameters to technical requirements is ensured by introducing additional compensating elements into its design or appropriate adjustment of individual systems.

Emission control at the stage of production of internal combustion engines has caused a complication of control technology. Because it requires a more thorough study of the impact of control values on the environmental friendliness of engines. Studying the impact of each factor individually is a complex process, as there is a significant relationship between different factors and operating parameters. Therefore, the main factors are taken into account for each type of engine. Then conduct a study of the functional relationships between them and the performance of engines. According to the conducted researches construction of mathematical models which provide finding of optimum ways of regulation of these or those parameters is carried out. In this regard, the optimization of work processes in engines at the stage of running-in is a real method of improving their environmental friendliness.

The next step in improving the environmental friendliness of internal



combustion engines is to maintain their proper level under operating conditions. This can be achieved by improving diagnostics and service. Thus, engines that are in operation for a long time and are improperly maintained are characterized by worse fuel economy and environmental friendliness than new ones. This can be explained by wear of engine parts in general, and especially the fuel supply system, gas distribution mechanism, ignition, cylinder-piston group, as well as deposits of deposits, increasing mechanical losses during friction and so on.

The thermal state of the engine has a significant effect on the toxicity of exhaust gases. The lowest level of exhaust gas toxicity is observed at the coolant temperature in the range of 80 – 90 ° C. Therefore, measures to green internal combustion engines should include regulation of the cooling system. The technical condition of air supply units and fuel equipment plays an equally important role. At first glance, minor general malfunctions lead to an increase in benzopyrene exhaust gases up to 5 times. And malfunctions in the ignition and fuel supply systems can increase benzopyrene emissions by up to 100 times. Thus, as we see, operational malfunctions are dominant in the formation of environmental performance of internal combustion engines. Therefore, first of all it is necessary to pay attention to diagnostics and service of these units. And above all, it must be carried out at idle, because it dominates the operation of internal combustion engines. However, we must not forget about the diagnosis of engines under load, which can ensure the detection of previously unnoticed faults.

The environmental performance of internal combustion engines can be both objective and subjective. For example, the driver's driving style has a significant impact on the cost-effectiveness of transportation. And since the amount of emissions directly depends on the amount of fuel consumed, it can be argued that the subjective traits of the driver affect the environmental friendliness of vehicles. How does car congestion affect its environmental friendliness? This issue must be considered in its various regimes. The greatest impact on the load of the car has at the time of its acceleration, so studies show that when you increase the load on the car from zero to nominal toxic emissions increase up to twice.

Determining the effect of load on the toxicity and efficiency of car engines was carried out in the process of acceleration and steady movement of the car, as during deceleration the car engine goes into forced idling, and the amount of harmful substances in emissions per unit path depends on braking intensity.

During the acceleration of a car with a capacity of 10 tons equipped with a gasoline engine, up to speeds of 50; 70 and 90 km / h. with increasing load from zero to 10 tons, fuel consumption increases by 1.36 ... 1.61 times, CO emissions - 1.29 ... 1.52, CnHm - 1.09 ... 1.23, NOx - by 1.76 ... 1.93 times. Due to the fact that the load on the car is different, there is a question in assessing the impact of this indicator on the environmental and economic components of the transportation process during acceleration.

At steady motion at a speed of 50; 70 and 90 km / h. The amount of car load has almost no effect on pollutant emissions. These results can be explained by the presence of a significant reserve of power during steady movement of the car. Thus, as we can see, when the load is reduced, there is a significant increase in fuel



consumption and emissions of harmful substances per unit of transport work. In other words, increasing the utilization rate of passenger capacity and carrying capacity of vehicles with internal combustion engines during their operation is a significant reserve for improving the economic efficiency of their use and reducing emissions of pollutants into the environment. In this regard, one of the main tasks of specialists who plan transportation and selection of rolling stock is to minimize the movement of unloaded vehicles, which is quite effective by greening internal combustion engines during their operation, which does not require additional costs. implementation. Another reserve for greening internal combustion engines is to reduce the power consumption of the latter. This type of loss occurs when various parts and components fail, both the engine and the car as a whole during operation or improper maintenance or repair.

Another important factor influencing the environmental friendliness of internal combustion engines is road conditions. The latter is a large group of factors that affect the mode of movement of the vehicle, and hence its economic and environmental characteristics. However, it should be noted that the trucking company does not have the ability to directly influence the state of road conditions, and therefore there is a need for state regulation of this issue.

Summary and conclusions.

Having analyzed the car market, we can safely say that it is too early to bury cars equipped with internal combustion engines. However, every effort should be made to reduce the environmental damage from their use. Greening of internal combustion engines should start with their design and production. Continue throughout the service life, through timely technical inspections and repairs, as well as the selection of optimal operating modes.

References.

1. Zakhid epokhy DVZ: De i koly povnistiu zaboroniat avtomobili z dyzelnyymi i benzynovymi dvyhunamy. Elektronnyi resurs. Rezhym dostupu: <https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/novosti/zakhid-iepokhi-dvz-die-i-koli-povnistiu-zaboroniat-avtomobili-z-diziel-nimi-i-bienzinovimi-dvighunami>
2. Prodazhi elektromobiliv i hibrydiv v Yevropi vyrosly na 200% za rik. Elektronnyi resurs. Rezhym dostupu: <https://thepage.ua/ua/auto/news/prodazhi-elektromobiliv-v-yevropi-top-krayin-i-200percent-zrostannya>
3. Korbak S.I., Rozum R.I. Dvyhuny: mynule i sohodennia. Tendentsii i vyklyky suchasnoi ahrarnoi nauky: teoriia i praktyka: zb. materialiv III Mizhnarodnoi nauk. konf. (m. Kyiv, 20-22 zhovtnia 2021 r.). Kyiv: NUBiP, 2021. S. 312.
4. How Car Engine Works?: internal combustion engine An under the hood, Car Science, engine parts, inline engine, V engine, four stroke engine / KHT Mecheng, 2021. – 42 p.
5. Rozum R.I., Buriak M. V. , Zakharchuk O. P. Innovative engines in the history of automobile building. Modern engineering and innovative technologies. Issue 18 / Part 2. Sergeieva&Co Karlsruhe, Germany 2021. P. 64 – 67/

Стаття відправлена: 11.12.2021 р.

© Rozum R.I., Shevchuk O. S., Prohnii P. B.



УДК 658.788.5:334.716

**TO THE ISSUE OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE
MANAGEMENT OF TRANSPORT SERVICE OF INDUSTRIAL
ENTERPRISES ON THE BASIS OF LOGISTICS PRINCIPLES**
**ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМ
ОБСЛУГОВУВАННЯМ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ОСНОВІ
ЛОГІСТИЧНИХ ПРИНЦИПІВ**

Maslak G.V./ Маслак Г.В.*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID 0000-0001-7256-5543

Krasulin O.S./Красулін О.С.*senior lecturer*

ORCID 0000-0001-8919-3264

*Pryazovskyi State Technical University, Mariupol, Universitetskaya, 7, 87500**Приазовський державний технічний університет,**м. Маріуполь, вул. Університетська 7, 87500*

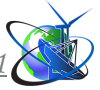
Анотація. У роботі розглянуто елементи, що формують транспортне обслуговування промислових підприємств. Встановлено, що операції вантажопереробки є провідними та складають системний цикл, як основний показник інтегрованої логістичної системи «точно в строк», що визначає єдиний економічний результат транспортного обслуговування. Розроблено положення та метод удосконалення організації процесів вантажопереробки, заснований на методології виробничого менеджменту стосовно умов роботи транспортно-вантажних комплексів. Це дає можливість розробляти нові транспортні технології із застосуванням економічніших транспортних засобів – локомотивів.

Ключові слова: залізничний транспорт, рухомий склад, логістичне управління, вантажопереробка, системний цикл, локальний цикл, транспортна технологія.

Вступ. Підприємства різних галузей промисловості, що обслуговуються залізничним транспортом, істотно різняться за виробничою потужністю та величиною добового вагонопотоку. При цьому досить велику групу (до 60% загальної кількості) складають виробничі та ремонтні підприємства, будівельні та постачальні фірми, підприємства агропромислового комплексу. До цієї групи можуть бути віднесені територіально відокремлені допоміжні та ремонтні цехи, а також складські комплекси металургійних, машинобудівних та інших підприємств. Сюди належать також підприємства промислового залізничного транспорту, які здійснюють транспортне обслуговування кількох підприємств різних галузей.

Зовнішнє транспортне обслуговування цих підприємств провадиться з використанням вагонів операторів-перевізників. Внутрішні перевезення носять допоміжний характер, обмежені за обсягом та виконуються у власних вагонах [1].

На кожному з них склалася своя система транспортного обслуговування, що базується на виробничих вимогах та умовах експлуатації. Традиційно вона полягає в послідовному виконанні всього комплексу технологічних операцій при різних видах робіт: прийомі та вивантаженні завантажених вагонів, навантаженні порожніх вагонів та їх відправленні, а також прийомі або здачі порожняка, і характеризується циклічністю операцій процесу.



Центральною та найбільш витратною ланкою обслуговування є вантажопереробка, яка, як правило, з виробничим процесом безпосередньо не пов'язана та здійснюється у транспортно-вантажних комплексах (ТБК) складів з прийому сировини та відвантаження готової продукції. Відповідно до прийнятої технології вантажопереробка передбачає послідовне виконання повагонного навантаження-вивантаження вантажу, як провідної операції, допоміжних операцій (зважування, дозування, кріплення вантажу та ін), а також транспортних операцій, безпосередньо пов'язаних з ними. На цій основі формується тривалість циклу виконання комплексу операцій, як основного параметра вантажопереробки.

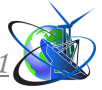
У виробничих умовах, що постійно змінюються, на роботу підприємства та його транспортне обслуговування впливають різні зовнішні та внутрішні фактори (зміна обсягів виробництва, нерівномірність подачі та прибирання вагонів, коливання обсягів прийому та відправлення вантажів та ін.). Вони впливають на процес вантажопереробки та призводять до порушень технології, збоїв у роботі і, як наслідок, до збільшення тривалості виконання операцій. У зв'язку із зазначеним виникають міжопераційні очікування та тривалість виробничого циклу суттєво збільшується.

Іншим питанням, що визначає витрати на транспортне обслуговування підприємств, що розглядаються, є тип тягового засобу, що застосовується для транспортно-вантажних операцій. Дані з експлуатації тепловозів при обмежених обсягах вантажопереробки показують, що за потужністю та силою тяги вони використовуються лише на 25 – 30 %, а для забезпечення їхньої постійної готовності підприємства змушені утримувати резервний парк локомотивів. Попередня оцінка показує, що експлуатація, утримання та ремонт тепловозного парку є основною статтею витрат (до 65 – 70 %) на їхнє транспортне обслуговування [2].

Відповідно до вищевикладеної метою роботи є розробка основних положень та методу вдосконалення організації процесів вантажопереробки та на цій основі підвищення ефективності управління транспортним обслуговуванням виробництва.

Аналіз досліджень і публікацій показав, що порушені питання частково висвітлюються в обмеженому числі джерел та в системному вигляді практично не отримали належної оцінки. Розглядаючи ці публікації у межах поставленої мети слід зазначити наступне.

Процеси вантажопереробки під час транспортного обслуговування виробничих і складських об'єктів було розглянуто ще у роботах проф. А.О. Смехова [3, 4]. Автор вперше зазначає, що у виробничих процесах при фазовому перетворенні «вагонопоток - вантажопотік – вагонопотік», що включає виконання вантажно-вивантажувальних та транспортних операцій, утворюється виробничий (технологічний) цикл, який характеризується тривалістю та повторюваністю. Вказується, що ефективність процесу вантажопереробки має реалізовуватись за рахунок формування та оптимізації виробничого циклу та забезпечення його взаємодії з транспортними циклами в єдиній логістичній системі.



У роботі [5] показано, що при вантажопереробці комплекс вантажних, допоміжних та транспортних операцій виконується послідовно, процес характеризується різним числом та тривалістю операцій, а його розвиток відбувається вздовж потоку. Вказується, що підтримка процесу у впорядкованому стані або його організація повинні забезпечуватися цільовим управлінням, а в основу дослідження процесу вантажопереробки має прийматись методологія виробничого менеджменту.

В останній період публікації щодо тягових засобів промислового транспорту стосуються переважно технічного стану локомотивного парку, удосконалення конструкції тепловозів, актуалізації правил тягових розрахунків та ін. [6, 7, 8]. Водночас такі важливі питання, як умови експлуатації, технологічні вимоги, а також ефективність використання існуючих тепловозів на різних видах транспортної роботи досліджено, оцінено та висвітлено в літературі недостатньо. Це ускладнює необхідну оптимізацію структури локомотивного парку промислових підприємств.

У вирішенні цієї проблеми значний інтерес представляє досвід зарубіжних країн. В останній період при транспортному обслуговуванні підприємств різних галузей промисловості замість тепловозів почали широко застосовувати спеціальні тягові засоби – локотрактори [9].

Таким чином, для вирішення поставленої проблеми необхідно створення ефективної логістичної системи управління процесом транспортного обслуговування, яка в умовах впливу зовнішніх та виробничих факторів забезпечить виконання комплексу вантажних, допоміжних та транспортних операцій у рамках технологічного регламенту із застосуванням енергозберігаючих транспортних засобів.

Основний текст.

Проведений аналіз показав, що центральною ланкою транспортного обслуговування підприємства є вузол взаємодії виробництва та транспорту – вантажопереробка. Процес вантажопереробки являє собою набір технологічно пов'язаних структурою, узгоджених за тривалістю і циклічно повторюваних операцій із вивантаження сировини чи навантаження продукції, а також супутніх їм допоміжних і транспортних операцій. Він виконується із заданою партією вагонів (у середньому 5 – 10 од.) та у строки, що визначаються виробництвом.

Отже, у кожному конкретному випадку вантажопереробка характеризується певною структурою та тривалістю виробничого циклу (T_u^B).

Основна транспортна робота виконується на підготовчому та заключному етапах обслуговування підприємств. У першому випадку вона включає операції з прийому із зовнішньої мережі, підготовку, розформування-формування та подання партій вагонів на навантаження-вивантаження. У другому - проводиться прибирання після вантажних операцій, експедирування та передача партій вагонів на станцію примикання.

Реалізація функцій характеризується послідовністю виконання та циклічною повторюваністю операцій, що дозволяє сформувати структуру та



визначити тривалість технологічних циклів переробки вагонопотоків на підготовчому (T_u^{TP}) та заключному (T_u^{TZ}) етапах.

Для підприємств, що розглядаються в роботі, основним методом організації їх транспортного обслуговування є системний. Він передбачає виконання всього комплексу підготовчих операцій, вантажопереробки та заключних операцій, які формують структуру та тривалість системного циклу (T_u^C). Отже, системний цикл визначає головний показник транспортного обслуговування - оборот вагонів зовнішнього парку і виражається наступною залежністю:

$$T_u^C = T_u^{TP} + T_u^B + T_u^{TZ}, \text{ мин} \quad (1)$$

Тому для кожного вагонопотоку підприємства має формуватися свій системний цикл, який відображатиме, насамперед, специфічні умови вантажопереробки. Таким чином, технологічно відпрацьований системний цикл вантажопереробки слід вважати основою для вдосконалення організації транспортного процесу та підвищення ефективності управління транспортним обслуговуванням підприємств.

У зв'язку із зазначеним, ефективні результати транспортного обслуговування можуть бути досягнуті при використанні принципів інтегрованої логістики із застосуванням наскрізного управління вагонопотоками, спрямованими на мінімізацію загальних логістичних витрат транспорту промислових підприємств. Інакше кажучи, необхідно сформувати для кожного вагонопотоку інтегровану логістичну технологію, що передбачає технічне, технологічне та організаційне сполучення всіх ланок з вирішенням локальних завдань кожного з них, а також створення єдиної системи управління.

У відповідність із вищевикладеним в основу розробки інтегрованої логістичної технології приймається методологія виробничого менеджменту, яка розвивається стосовно умов роботи ТВК підприємств, а у якості ключових показників логістичного менеджменту приймаються продуктивність та ефективність функціональних циклів транспортного обслуговування.

Основні положення цієї методології виходять з того, що організація процесу або рівень внутрішньої впорядкованості та узгодженості взаємодії його операцій досягається шляхом формування оптимального виробничого (функціонального) циклу. У практиці промислових підприємств різних галузей застосовується три основних види організації виробничого процесу у часі: послідовний (роздільний), паралельно-послідовний (змішаний), паралельний.

В даний час для транспортної роботи, що виконується при обслуговуванні підприємств, у тому числі при вантажопереробці, основним видом організації є послідовний метод, який характеризується максимальною тривалістю та найбільшими транспортними витратами.

Паралельний метод передбачає одночасне виконання робіт з усіх операцій, тобто число деталей дорівнює кількості операцій. Це значно скорочує тривалість обробки партій виробів, тобто тривалість циклу. Для реалізації мети, поставленої у роботі, пропонується застосування нового способу організації



транспортного обслуговування виробничих об'єктів, що заснований на потоковості виробничо-транспортних процесів. Пропонований метод оптимізації виробничого циклу полягає у наступному.

У структурі виробничого циклу найбільш тривалою є вантажна операція і її можна розділити на кілька паралельно виконуваних тактів. З іншого боку, вантажопереробка проводиться за нормативною технологією із встановленою партією вагонів, яка за необхідності може бути поділена на групи із кратним числом вагонів. Тому в основу методу синхронізації операцій процесу вантажопереробки приймаються формування та оптимізація такту виробничого циклу, що виконуються у наступній послідовності.

Партія вагонів, що підлягає вантажним операціям, поділяється на кратне число груп (k) з різною кількістю вагонів (m). Для кожного варіанта визначаються нормативні значення тривалості вантажної (t_e^T) та супутніх (t_o^T і t_m^T) операцій. Оптимальна тривалість вантажної операції такту встановлюється на основі варіантної ідентифікації зазначених показників шляхом їх вирівнювання для певної кількості вагонів за співвідношенням:

$$t_e^T \geq (t_o^T + t_m^T) \text{ для значення } (m) \quad (2)$$

Тоді тривалість такту вантажопереробки становитиме:

$$t^T = (t_e^T + t_o^T + t_m^T), \text{ хв} \quad (3)$$

На основі отриманих даних (m , t_e^T) приймається кількість тактів у виробничому циклі вантажопереробки:

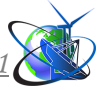
$$n = \frac{T_u^B}{T_e^T} \quad (3)$$

Таким чином, запропонований перехід на паралельний спосіб організації вантажопереробки забезпечує суттєве зниження часу виробничого циклу при зменшенні кількості вагонів у маневрових складах.

У виробничих умовах стає очевидним, що для транспортного обслуговування підприємств (пунктів вантажопереробки) застосування маневрових тепловозів з підвищеними потужністю і масою є дуже витратним і невиправданим. При досить високому завантаженні локомотивів за часом, фактично реалізована потужність при їх роботі не перевищує 160 – 180 к.с., а необхідна зчіпна маса становить 12 – 15 т [2].

Розроблений метод організації вантажопереробки для промислових підприємств, а також результати аналізу закордонного досвіду показують, що для умов промислового транспорту розв'язання цього завдання вимагає застосування нового підходу. Він полягає у заміні тепловозів на цілій низці транспортних технологій на економічніші тягові засоби.

Багаторічна експлуатація показала працездатність та ефективність локомотивів, які замінили потужні тепловози. Вони ефективно використовуються на різних транспортних операціях вантажопереробки та перевезенні різноманітних вантажів на рудниках, металургійних заводах та підприємствах інших галузей промисловості, у морських та річкових портах та



ін. При цьому, на багатьох підприємствах локотрактори становлять майже половину локомотивного парку.

Зарубіжний досвід використання локотракторів показав, що високий економічний ефект від їхнього застосування досягається за рахунок:

а) забезпечення у межах необхідних параметрів величини сили тяги та потужності для заміни тепловозів на більшості видів транспортної роботи;

б) скорочення експлуатаційних витрат від зниження витрат на дизельне паливо та мастильні матеріали (енергоресурси), а також на всі види технічного обслуговування та ремонтів;

в) можливість виконання додаткового обсягу транспортної роботи як колісний тягач.

За результатами досліджень кафедрою «Транспортні технології підприємств» ДВНЗ «Приазовського державного технічного університету» підготовлено вихідні вимоги та спільно з ТОВ «ПКФ Азовмашпром» (м. Маріуполь) та Харківським тракторним заводом було розроблено та створено маневровий тягач ТМ1.175. У якості його бази було прийнято колісний трактор ХТЗ-150К-09 на комбінованому ході [10].

Широкі промислові випробування маневрового тягача на металургійному комбінаті, ГЗК та в умовах морського порту підтвердили його працездатність та високі експлуатаційно-технічні якості. Є всі підстави вважати, що маневровий тягач-локотрактор повною мірою відповідає виробничим вимогам підприємств і може за своїми параметрами замінювати маневрові тепловози на низці транспортних робіт [11].

Значна відмінність експлуатаційних умов та технологічних процесів, що діють на підприємствах, вимагатимуть поетапного введення в роботу нових тягових засобів, а також організації їхнього транспортного обслуговування із застосуванням нових транспортних енергозберігаючих технологій.

Висновки.

1. На підставі докладного вивчення сучасного стану, проведених досліджень та зарубіжного досвіду запропоновано системний підхід до питання підвищення ефективності транспортного обслуговування підприємств промисловості та АПК. В його основу покладено логістичну єдність транспортного обслуговування, що передбачає сполученість техніки, технології та організації процесу, зниження енерговитрат та формування системи управління, що забезпечує його функціонування у різних заданих техніко-економічних показниках.

2. Поелементно розглянуто транспортне обслуговування підприємств. Визначено локальні та системні цикли з виділенням операції вантажопереробки, як провідної, що визначає тривалість знаходження вагонів зовнішнього парку на промислових підприємствах.

3. Запропоновано спосіб вдосконалення організації процесів вантажопереробки, заснований на синхронізації операцій, що забезпечує рівність їх тривалості за часом чи кратність най тривалішої операції, що у результаті призводить до поточності процесу. Метод заснований на



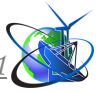
розрахунку тривалості такту, як визначальному показнику процесу вантажопереробки.

4. Проведені дослідження показують, що для умов промислового транспорту рішення поставленого завдання вимагає застосування нового підходу. Він полягає у заміні тепловозів на цілій низці транспортних технологій підприємств на економічніші тягові засоби - локотрактори.

Література:

1. Парунакян В. Э. Повышение эффективности транспортного обслуживания производственных объектов промышленных предприятий с ограниченными и многономенклатурными вагонопотоками. / В. Э. Парунакян, А. С. Красулин // - Вестник Приазовского государственного технического университета, - Мариуполь, 2004. –Вып. 14, - С. 311-314.
2. Парунакян В. Э. Оценка энергозатратного механизма транспортных технологий промышленных предприятий / В. Э. Парунакян, А. С. Красулин, Ю. В. Гусев // Захист металургійних машин від поломок: Межвуз. темат. сб. науч. тр. – Маріуполь, 2006. – Вип. 9. – С. 184-192.
3. Смехов А. А. Математические модели процессов грузовой работы / А. А. Смехов. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.
4. Введение в логистику / А. А. Смехов. – М.: Транспорт, 1993. – 112 с.
5. Балашов А. И. Производственный менеджмент (организация производства на предприятии) / А. И. Балашов. – СПб.; Питер, 2009. – 160 с.
6. Новые тенденции в автоматизации управления локомотиворемонтным комплексом / В. И. Киселев, Н. И. Лакин // Локомотив. – 2017. - № 11 с. 8 - 9.
7. Данковец В. Т. Техническое обслуживание и ремонт локомотивов / В. Т. Данковец – М.: УМЦ ЖДТ, 2007. – 558 с.
8. Хромов И. Ю. Обоснование влияния нарушений режимов эксплуатации на ухудшение технического состояния локомотивов / И. Ю. Хромов// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. - № 2(66). – С.62-68.
9. Loctrac “Zweiweg” Unimog fur schiene und strasse // Проспект фирмы “Zweiweg” Geratepartnee der Mercedes-Benz A.G.
10. Парунакян В. Э. Высокоэффективные тяговые средства для промышленного железнодорожного транспорта – локотракторы / В. Э. Парунакян, А. В. Маслак, А. С. Красулин, В. Я. Агарков // Локомотив-информ. Международный профессиональный журнал. № 5-6 (131-132) 2017. – С 34 – 39.
11. Маслак А. В. Анализ эксплуатационных показателей работы локомотивного парка при транспортном обслуживании прокатных цехов металлургических предприятий / А. В. Маслак, А. С. Красулин // Вісник Приазовського державного технічного університету Сер.: Технічні науки. Зб. наук. пр. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2017. – Вип. 34. – С. 201-209.

Abstract. The paper considers the elements that form the transport service of industrial enterprises. It has been established that cargo handling operations are leading and form a system



cycle, as the main indicator of an integrated just-in-time logistics system that determines a single economic result of transport services. Provisions and a method for improving the organization of cargo handling processes based on the methodology of production management in relation to the working conditions of the cargo-cargo complexes have been developed. This makes it possible to develop new transport technologies using more economical vehicles - locotracors.

Key words: *railway transport, rolling stock, logistics management, cargo processing, system cycle, local cycle, transport technology.*

20.02.2022 р.

© Маслак Г.В., Красулін О.С.



УДК 656.073.235

**USE OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS
IN THE PROCESS OF GOODS DELIVERY
ВИКОРИСТАННЯ МІЖНАРОДНИХ ТРАСПОРТНИХ КОРИДОРІВ
У ПРОЦЕСІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖУ**

Vilshaniuk M.S. / Вільшанюк М.С.

s.l. /сm.npen.

ORCID: 0000-0001-5396-6691

Odessa National Maritime University, Odessa, Mechnikova 34, 65029

Одесский национальный морской университет, Одесса, ул.Мечникова 34, 65029

Анотація. В роботі розглядаються переваги створення та використання транспортних коридорів на території України та входження їх до міжнародної транспортної системи. Цей процес визнано пріоритетним загальнодержавним напрямом розвитку транспортно-дорожнього комплексу України. Вигідне географічне положення України на перетині шляхів з Європи в Азію, перенасичення європейських транспортних вузлів створює передумови для інтеграції транспортної мережі України в міжнародну транспортну систему, а її потужна транспортна система та інфраструктура, наявність наукового й освітнього середовища роблять її потенційно привабливою для залучення в систему міжнародних транспортних коридорів.

Ключові слова: контейнер, транспортні коридори, інтермодальні перевезення, організація перевезень, судно, порт, рейс, вантаж, контейнерні перевезення, портові витрати, витрати за рейс, портові збори.

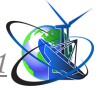
Вступ.

Транспортні коридори виконують роль кровоносних судин у світових інтеграційних процесах. Основні функції сучасних транспортних коридорів – доставка вантажів найкоротшим шляхом і максимально швидко. При цьому виконуються й такі операції, як перевантаження вантажів з одного виду транспорту на інший, оброблення, пакування, сортування тощо.

Транспортна система України представлена практично усіма видами наземного (залізничний, автомобільний), водного (морський, річковий), повітряного (авіаційний, вертолітний) і трубопровідного (нафто-, газо- й аміакопроводи, транспортування хімічних речовин) транспорту. Одним з основних напрямків розвитку транспорту в Україні є участь в організації, функціонуванні та розвитку міжнародних транспортних коридорів (МТК).

Основний текст.

Міжнародний транспортний коридор (МТК) – це комплекс наземних та водних транспортних магістралей з відповідною інфраструктурою на визначеному напрямку, включно з допоміжними спорудами, під'їзними шляхами, прикордонними переходами, сервісними пунктами, вантажними та пасажирськими терміналами, устаткуванням для управління рухом, організаційно-технічними заходами, законодавчими та нормативними актами, які забезпечують перевезення вантажів та пасажирів на рівні, що відповідає вимогам Європейського співтовариства. Іншими словами, МТК – сукупність різних видів транспорту, що забезпечують значні перевезення вантажів і пасажирів на напрямках їх найбільшої концентрації.



Участь України в будівництві міжнародних транспортних коридорів (МТК) сприяє значному поліпшенню всіх технічних характеристик проходження вантажу і пасажиропотоків, створює до 1 млн робочих місць. Також зростає щорічний дохід від транзиту вантажів, збільшується податкові надходження від експлуатації цих об'єктів інфраструктури, істотно пожвавлюється економічна активність прилеглих територій.

В Україні заплановано розвивати ділянки ще двох міжнародних транспортних коридорів:

Балтика-Чорне море (Гданськ-Одеса), щоб з'єднати українські порти Чорного моря з польськими на балтійському узбережжі;

Євразійський нафтогазотransпортний коридор.

Таким чином, модернізація транспортної інфраструктури України є важливим засобом активізації її зовнішньоекономічної діяльності, створення умов для прискореної інтеграції вітчизняної транспортної мережі в європейську, зміцнення міжнародного авторитету нашої країни як надійного транзитного держави.

В рамках китайської стратегічної програми «Один пояс і один шлях» розробляється ряд проектів морських і сухопутних шляхів між Європою і Китаєм під загальною назвою Новий Шовковий Шлях. Шовковий шлях буде однозначно сприятиме становленню України як впливового лідера регіону Центральної та Східної Європи.

Теоретично Україна може розраховувати на частину з більш 260 млн тонн, які складають обсяги торгівлі між Китаєм і ЄС.

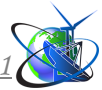
Міжнародні контейнерні перевезення відіграють ключову роль в системі транснаціональних транспортних перевезень. Завдяки універсальності контейнерів існує можливість перевозити практично всі види вантажу. За допомогою контейнерних перевезень можна здійснити перевезення від дверей до дверей - вид перевезення, коли від замовника потрібно тільки вказати місце звідки забрати вантаж і куди його доставити.

Контейнерні перевезення виступають одним з найважливіших резервів підвищення продуктивності та зниження собівартості перевезення вантажів. Перевагами контейнерних перевезень є зниження витрат на тару та упаковку, підвищення продуктивності та покращення умов праці, прискорення доставки вантажів та підвищення ступеня їх збереження, підвищення якості перевізного процесу в цілому.

Перевезення вантажів у контейнерах дозволяє уніфікувати транспортну технологію, що робить цей вид доставки вантажів дуже привабливим не тільки для морських ліній, але й для автотранспорту та залізниці.

Україна є одним з основних гравців на ринку контейнерних перевезень як у Чорноморському регіоні, так і у Східноєвропейському, однак наявний потенціал, зумовлений вигідним географічним положенням, і достатньо розвинутою інфраструктурою використовується не повною мірою.

В роботі запропоновано провести порівняльний аналіз доставки контейнерів з Китаю (Шанхай) до Києва (України) 2 варіантами – морським шляхом в порти України та залізничним до Києва, або по Морському



Шовковому Шляху до Дуйсбурга (Німеччина) та залізничним до Києва, а також запропонуємо порівняти вартість доставки малих партій товару с Дуйсбурга в Україну автомобільним та залізничним транспортом.

Головна задача - розрахувати витрати по перевезенню з Китаю до України партії товару морським шляхом в обхід України та безпосередньо в морські порти Одеси, Південного та Чорноморська, та визначити найбільш вигідний шлях.

Тому розглянемо також доставку контейнерів через 3 міста України: Одеса, Південний, Чорноморськ.

- 1 морський шлях: Шанхай – Дуйсбург;
 - 2 морський шлях: Шанхай – Одеса;
 - 3 морський шлях: Шанхай – Південний;
 - 4 морський шлях: Шанхай – Чорноморськ.
- Зобразимо шляхи на рисунку 1.

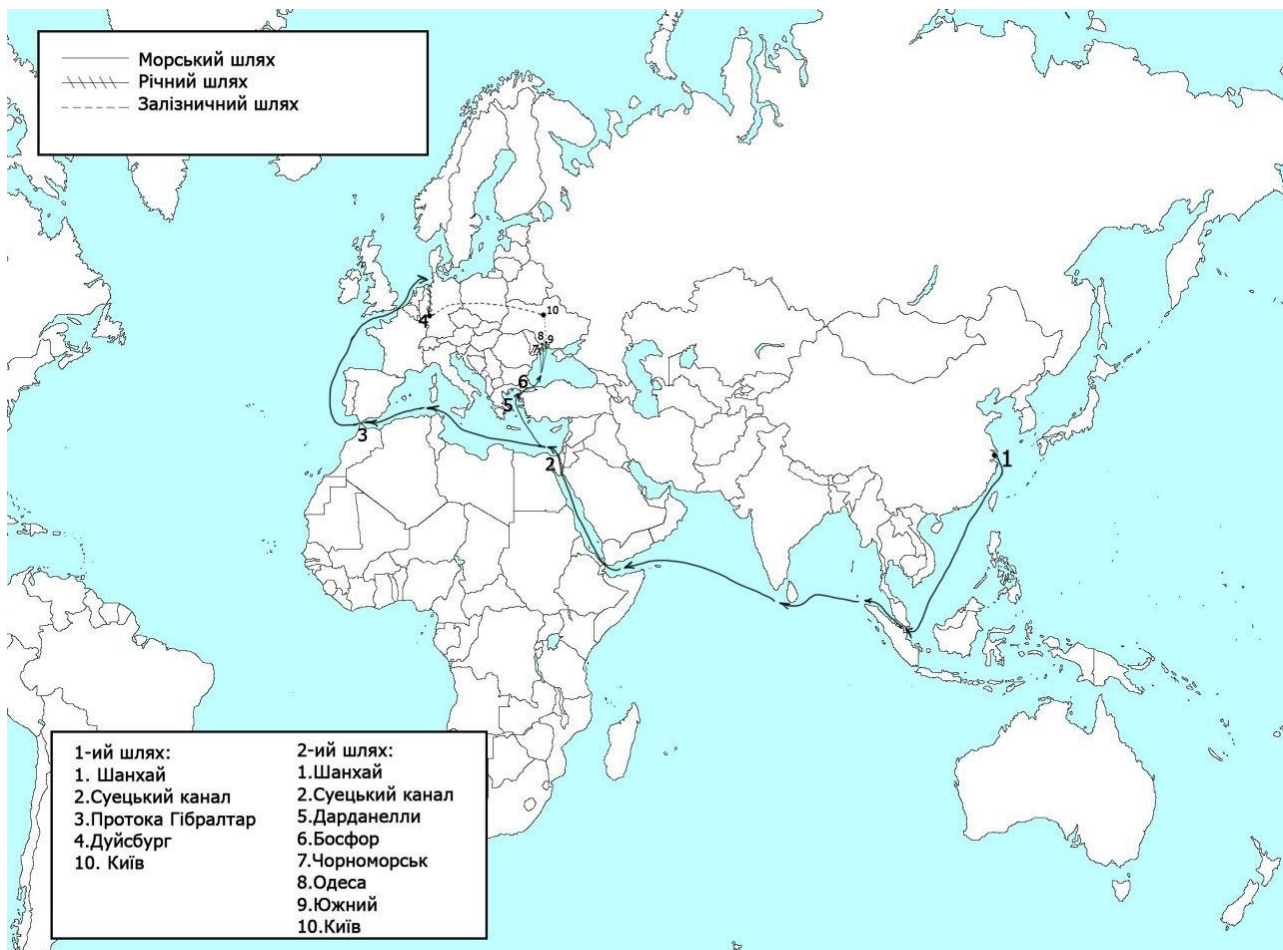


Рисунок 1 - Шляхи доставки вантажу з Китаю в Україну морським, річковим та залізничним транспортом

Джерело: Авторська розробка

Згідно з наведеними в таблиці 1 результатами становиться зрозумілим, що доставка через Дуйсбург вигідніша, навіть зважаючи на збільшення відстані.

**Таблиця 1 - Підсумкова таблиця з результатами проведених розрахунків**

Найменування показників	1 шлях: Шанхай- Дуйсбург- Київ	2 шлях: Шанхай- Одеса-Київ	1 шлях: Шанхай- Південний – Київ	1 шлях: Шанхай- Чорноморськ- Київ
1	2	3	4	5
t_x , діб	29,7164	23,3611	23,3778	23,3417
$t_{ст}$, діб	0,2505	0,2483	0,2487	0,2511
t_p , діб	29,9669	23,6094	23,6264	23,5928
$R_{пал}$, дол.США	168836,54	132844,65	132939,91	132741,02
$R_{канал}$, дол.США	31648,60	109043,56	109043,56	109043,56
$R_{порт}$, дол.США	16199,63	9734,13	9970,01	9992,28
$R_{рейс}$, дол.США	216684,77	251622,35	251953,47	251776,86
$R_{жд}$, дол.США	25923,60	7501,20	8356,20	7923,00
R , дол.США	242608,37	259123,55	260309,67	259699,86

Авторська розробка

Додатковий прибуток, який може отримати трейдер, якщо змінити маршрут доставки і скористатися Новим Шовковим Шляхом замість перевезень безпосередньо в порти України складає від 16 515,1 доларів США.

Якщо порівнювати заходи в українські порти, то найдешевшим варіантом доставки виявилось перевезення з Китаю через Одесу – 25 912,35 дол. США за контейнер.

Результати розрахунку економічного ефекту зведено в таблицю 2.

Таблиця 2 - Підсумкова таблиця з розрахунку економічного ефекту

Схема	Економічний ефект (E_i^j) в дол.США	В процентному еквіваленті	Додатковий прибуток трейдера ($\Pi_{доп}^j$) в дол.США
1	2	3	4
2. Через Одесу	1 651,51	6,81 %	16 515,1
3. Через Південний	1 770,13	7,30 %	17 701,3
4. Через Чорноморськ	1 709,15	7,05 %	17 091,5

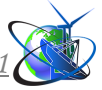
Авторська розробка

Висновок.

Були розглянуті 4 маршрути доставки вантажу, в тому числі доставка Новим Шовковим шляхом. Було важливо зрозуміти, наскільки економічно ефективно перевозити вантаж безпосередньо з країни-виробника Новим Шовковим шляхом, та чи дешевше перевозити вантаж не безпосередньо в Україну, а через кінцеву морську точку проекту - порт Дуйсбург.

В результаті був визначений більш вигідний маршрут доставки вантажу з Шанхаю в Україну 4 шляхами:

1. З урахуванням НШШ, тобто перевезення морем до Дуйсбургу, а далі залізничними коліями до Києва.



Безпосередньо в Україну через 3 порти:

2. Морський шлях Шанхай – Одеса, далі залізничним до Києва.
3. Морський шлях Шанхай – Південний, далі залізничним до Києва.
4. Морський шлях Шанхай – Чорноморськ, далі залізничним до Києва.

Виявилося, що не дивлячись на збільшення часу доставки та пройденого шляху, витрати виявилися мінімальні при перевезенні вантажу морським транспортом в обхід України, а потім залізничним до Києва.

Відповідно, можемо підсумувати, що розроблені маршрути доставки вантажу в контейнерах з Китаю в Україну є економічно ефективними і вигідними для запровадження в транспортну систему перевезень. Участь України в Новому Шовковому шляху можлива, якщо вчасно будуть впроваджені зміни.

Література:

1. Проблеми та перспективи Європейської інтеграції України. О. Гончаренко. <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/IMV/article/viewFile/5915/6665>
2. Щодо шляхів розвитку мультимодальних (комбінованих) перевезень в Україні. Аналітична записка. Національний інститут стратегічних досліджень. <http://niss.gov.ua/>
3. Центр транспортних стратегій. Морські порти України збільшили контейнерооборот на 17% за 4 місяці 2020 року.
4. Центр транспортних стратегій. Новий Шовковий шлях і Україна: 5 ключових питань. https://cfts.org.ua/spetsproekty/novyy_shelkovyy_put
5. Щодо шляхів розвитку мультимодальних (комбінованих) перевезень в Україні. Аналітична записка. Національний інститут стратегічних досліджень. <http://niss.gov.ua/>

Abstract. *The article considers the advantages of creating and using transport corridors on the territory of Ukraine and their inclusion in the international transport system. This process is recognized as a priority national direction of development of the transport and road complex of Ukraine. Ukraine's advantageous geographical position at the crossroads from Europe to Asia, oversaturation of European transport hubs creates preconditions for integration of Ukraine's transport network into the international transport system, and its powerful transport system and infrastructure, scientific and educational environment make it potentially attractive for international transport corridors.*

Key words: *container, transport corridors, intermodal transportation, transportation organization, port, voyage, ship, cargo, container transportation, port costs, voyage costs, port dues.*

Стаття отримана: 23.02.2022 г.
© Вільшанюк М.С.



CONTENTS

Mechanical engineering and machinery

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-019> 3

RATIONALE FOR POPULARIZATION OF PROCESSING OF POLYMER WASTE FROM TIRES IN INDUSTRY

Paladiychuk Yu.B., Telyatnik I.A.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-055> 23

THEORETICAL FOUNDATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF SELECT-MAGNETIC-ABRASIVE MACHINING OF SUPERHARD CERAMICS

Burlakov V.I./Бурлаков В. И.

Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-066> 28

ACOUSTIC-VIDEOCAPSULAR ENDOSCOPE

Yakovenko I., Bataliia B.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-067> 33

3D MODELING AUTOMATED SKIN PERFORATION MODULE FOR BLOOD COLLECTION

Yakovenko I.

Telecommunication

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-058> 38

USE OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE PROBLEMS OF AUTOMATION OF DATA COLLECTION IN INTELLECTUAL POWER SUPPLY SYSTEMS

Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A.

Syniavskyi A. V., Philipjeva M. V.

Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-034> 52

FEATURES OF WASTEWATER TREATMENT IN CAVITATION FLOWS

Tselen B. Ya., Radchenko N.L., Ivanytskyi H.K.

Pereiaslavl'tsev O.M., Shchepkin V.I., Shulyak V.V.

**Mining engineering. Metallurgy**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-031> 57

ANALYSIS OF THE SOURCES OF FORMATION OF THE
WASTE ELECTROLYTES OF THE ELECTROLYTE
PRODUCTION AND METHODS OF THEIR PROCESSING

Zalyhina V.S., Zhuravska N.E., Cheprasova V.I.

Animal products. Cereals and grain. Milling industry

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-001> 68

INDICATORS OF STRUCTURE OF CLARY SAGE PLANTS
DEPENDING ON SOWING TIME AND RATE OF SOWING SEEDS

Hrokholska T.M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-004> 75

PROCESSING OF OUTPUT OF OIL-FAT INDUSTRY

Kryzhak L., Fialkovska L.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-005> 79

WAYS TO EXPAND THE RANGE OF FISH CULINARY
PRODUCTS OF INCREASED BIOLOGICAL VALUE FOR
INSTITUTIONS OF THE HOSPITALITY INDUSTRY

Ditrikh I.V., Prylipko N.S.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-013> 87

SAFETY ISSUES OF EMULSION FOOD SYSTEMS
WITH SUGAR GLYCERIDES

Bila G.M., Korobka Y.V., Antraptseva N.M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-015> 92

BIOMETRIC INDICATORS OF NARROW-LEAVED LAVENDER
DEPENDING ON THE APPLICATION OF GROWTH BIOSTIMULATORS
IN THE CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Kusakovska N.M., Khomina V.Ya.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-040> 99

DYNAMICS OF CORN GRAIN HUMIDITY DEPENDING ON
STORAGE CONDITIONS

Zavadzka O., Bondareva L., Ivashchenko Yu.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-046> 104

TRACKING AND INFORMING ON THE PROGRESS OF
FISHERY PRODUCTS

Prylipko T.M., Koval T.V.



http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-047	110
COMPUTER SIMULATION OF THE COMBINED VEGETABLE PROTEIN RECIPE FOR ATHLETES NUTRITION	
<i>Stetsenko N.O., Goyko I. Yu.</i>	

Industrial engineering. Management engineering

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-002	116
TRENDS IN THE USE OF DATA MINING TECHNOLOGY IN AGRICULTURE	
<i>Viunenko O.B., Tereshchenko S.I.</i>	
http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-006	121
FUZZY-SIMULATION OF DRILLING MESSURE PRESSURE CONTROL PROCESS AT THE INPUT IN THE WELL	
<i>Lahoida A., Lahoida L.</i>	
http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-018	128
MODELING OF RELIABILITY OF FOUNDATION STRUCTURES	
<i>Terentyev A.A., Gorbatyuk Ie.V., Petrunok T.B., Dolya O.V.</i>	
http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-056	134
SOLVING THE PROBLEMS OF MANAGING THE SUPPLY OF RAW MATERIALS FOR THE FOOD COMPANY	
<i>Hrybkov S.V., Seidykh O.L., Chornobai K. Y.</i>	
http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-069	140
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AS A TOOL FOR JUDICIAL DECISION-MAKING IN THE ANGLO-SAXON LAW SYSTEM	
<i>Alyoshin S.P., Haitan O.M.</i>	

Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles, Highway engineering. Roads and pavements, Railroad engineering and operation

http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-023	147
OPTIMIZATION OF WORKING PROCESSES OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES WITH THE PURPOSE OF IMPROVING THEIR ENVIRONMENTALITY	
<i>Rozum R.I., Shevchuk O. S., Prohnii P. B.</i>	



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-028>

151

TO THE ISSUE OF INCREASING THE EFFICIENCY OF
THE MANAGEMENT OF TRANSPORT SERVICE OF INDUSTRIAL
ENTERPRISES ON THE BASIS OF LOGISTICS PRINCIPLES

Maslak G.V., Krasulin O.S.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit19-01-059>

159

USE OF INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS
IN THE PROCESS OF GOODS DELIVERY

Vilshaniuk M.S.



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 95.33)

Issue №19

Part 1

February 2022

Development of the original layout - Sergeieva&Co
Articles published in the author's edition

Signed: February 28, 2022

Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe
e-mail: editor@moderntechno.de
site: www.moderntechno.de



With the support of International research
project SWorld
www.sworld.education





www.moderntechno.de

e-mail: editor@moderntechno.de