



VOL 1, No 78 (78) (2021)

The scientific heritage

(Budapest, Hungary)

The journal is registered and published in Hungary.

The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields.

Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.

Articles are accepted each month.

Frequency: 24 issues per year.

Format - A4

ISSN 9215 — 0365

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal.

Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian

Managing editor: Khavash Bernat

- Gridchina Olga - Ph.D., Head of the Department of Industrial Management and Logistics (Moscow, Russian Federation)
- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezso - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- Filipiak Pawel - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Koln, Germany)
- Yakushev Vasilij - Candidate of engineering sciences, associate professor of department of higher mathematics (Moscow, Russian Federation)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Shashkov Oleg - Candidate of economic sciences, associate professor of department (St. Petersburg, Russian Federation)
- Gál Jenő - MD, assistant professor of history of medicine and the social sciences and humanities (Budapest, Hungary)
- Borbély Kinga - Ph.D, Professor, Department of Philosophy and History (Kosice, Slovakia)
- Eberhardt Mona - Doctor of Psychology, Professor, Chair of General Psychology and Pedagogy (Munich, Germany)
- Kramarchuk Vyacheslav - Doctor of Pharmacy, Department of Clinical Pharmacy and Clinical Pharmacology (Vinnytsia, Ukraine)

«The scientific heritage»

Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84,1204

E-mail: public@tsh-journal.com

Web: www.tsh-journal.com

CONTENT

TECHNICAL SCIENCES

Baranov A., Baranov Yu., Sopilnyk L., Ivanskyi V., Brychynskyy O.	
SELECTION AND SUBSTANTIATION OF MANAGEMENT EFFICIENCY EVALUATION INDICATORS OF COMBINED ARMS LOGISTICS SUPPORT SYSTEM AMIDST COMBAT ACTIONS	3
Dobrovol'ska L., Gavasheli V.	
TEMPERATURE CONTROL OF ROLLING PROCESSES	5
Dobrovol'ska L., Karpenko V.	
IMPROVEMENT OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE RECOVERY BOILER OF THE METHODOLOGICAL FURNACE	8
Dobrovol'ska L., Shkapa G.	
MODERNIZATION OF THE METHODOLOGICAL FURNACE BASED ON THE USE OF A FLAMELESS BURNER	11
Elishev K.	
FORMATION OF THE STRUCTURE OF HEAVY CONCRETE FOR THE PRODUCTION OF WALL PANELS	13
Elishev K.	
THE MECHANISM OF ACTION OF SUPERPLASTICIZING ADDITIVES	15
Zhantasov K., Ziyat A., Zhumatayeva S., Sarypbekova N., Zhantasov M.	
INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF FLOUR MIXTURES FROM WASTE FROM VARIOUS INDUSTRIES, NATURAL VERMICULITE AND PHOSPHOGYPSUM	17
Zhantasov K., Ziyat A., Lavrov B., Zhantasov M., Zhantasov M.	
MINERALOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF PHOSPHOGYPSE - WASTE OF PRODUCTION OF EXTRACTIVE PHOSPHORIC ACID	24
Pylypenko O., Karasiov O., Rybalka K., Kreknin K.	
RADIATION SAFETY STATUS IN THE HOUSING ESTATE PEREMOHA -2 IN DNIPRO CITY	29
Kuchmin N., Nikitin O.	
QPSK CONSTELLATION DISTORTION STUDY	34
Perehin A., Nuianzin O., Zaika N., Vedula S.	
TECHNIQUE FOR CREATING THE PROTOTYPE OF A COMPACT FIRE PLANT FOR TESTS TO DETERMINE THE FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES.....	38
Sazhinov A.	
FIRE EXTINGUISHERS AS PRIMARY MEANS OF FIRE EXTINGUISHING. TYPES OF FIRE EXTINGUISHERS AND THEIR APPLICATIONS.....	43
Shigimaga V., Faizullin R., Kosulina N., Sukhin V., Korshunov K.	
AUTOMATIC CONTROL AND CORRECTION SYSTEMS RATIONS FOR ANIMAL FEEDING	45
Fedorov V., Krasnova M.	
TELESCOPIC LINEAR ACTUATOR DEVICE TYPE SPIRALIFT. APPLICATIONS, DESIGN FEATURES OF USE AND TECHNOLOGICAL DIFFICULTIES OF MANUFACTURING	51
Shtein D., Sevostyanov N., Klassen S., Kurochkin D.	
CONTROL TECHNIQUE WITH DETERMINISTIC VARIABLE SWITCHING FREQUENCY FOR PULSE DC-DC POWER CONVERTERS	64
Yudina E.	
PERFORMANCE PROPERTIES OF ELECTROCHEMICAL IRON-BASED COATINGS.....	68

TECHNICAL SCIENCES

SELECTION AND SUBSTANTIATION OF MANAGEMENT EFFICIENCY EVALUATION INDICATORS OF COMBINED ARMS LOGISTICS SUPPORT SYSTEM AMIDST COMBAT ACTIONS

Baranov A.

*Candidate of Engineering Sciences (Ph. D.),
associate professor, Department of Combat (Operational) Support Units Tactics,
Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy
Ukraine, Lviv*

Baranov Yu.

*Senior instructor, Department of Combat (Operational) Support Units Tactics,
Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy
Ukraine, Lviv*

Sopilnyk L.

*Grand PhD in Engineering Sciences, professor,
leading researcher of the research department, Science center
Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy
Ukraine, Lviv*

Ivanskyi V.

*Senior instructor, Department of Combat (Operational) Support Units Tactics,
Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy
Ukraine, Lviv*

Brychynskyy O.

*Instructor, Department of Combat (Operational) Support Units Tactics,
Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy
Ukraine, Lviv*

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-3-5](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-3-5)

Abstract

The article considers the relevant indicators which characterize the principles that most affect the effectiveness of logistics support management and the Deputy Commander of Combined Arms Force on Logistics functional efficiency under conditions of combat actions. To evaluate effectiveness of logistics support management, it is suggested to use a partial criterion of efficiency, namely: the degree of efficiency in performing tasks on logistics support management and duration of the logistics support management cycle of the combined arms force under conditions of combat actions.

Keywords: combat actions; combined arms force; logistics support system; materiel.

1. INTRODUCTION.

Logistics management is an integral part of troop management and is collaborative work of commanders, staffs, deputy commanders on logistics, services and logistics support bodies in order to maintain combat readiness of the combined arms force in terms of logistics, as well as ensuring the combat readiness of logistics under conditions of combat actions.

Formulation of the problem. The analysis of logistical support of troops (forces) [1], conducted in recent years, shows that insufficient attention was paid to the issues such as the following: training of units and officials as for logistical support of the combined arms force under conditions of combat actions, and rational choice of the area for reception and transfer of materiel to the combined arms force under conditions of combat actions [2].

These issues acquired the greatest relevance just now while conducting the Joint Forces operation (JFO).

Analysis of recent research and publications. In scientific research it is necessary to pay attention to the scientific works of O. Vorobyov, I. Vlasov, O. Uhrynovych, etc., who deeply reveal most of the issues on this range of problems [3].

The purpose of the article is to select and substantiate the indicators of management efficiency evaluation of the combined arms logistics system under conditions of combat actions.

2. RESEARCH RESULTS

The purpose of logistics management is to direct the capabilities of logistics services and bodies to support the combined arms force. To achieve this goal it is necessary to perform a number of tasks of logistical support, that are the subject matter of logistics management.

Logistics management includes: obtaining, acquisition, analysis and evaluation of the initial data of the situation; making a decision on the logistical support of the combined arms force; defining and distribution of tasks for logistics support; logistics support for the combined arms force; organizing and carrying out activities of logistics support for increasing combat readiness of the combined arms force and maintaining their combat effectiveness; organization of a logistics management system; implementation of measures for moral and psychological training of personnel; control over the readiness of combined arms force units concerning

logistics; management of the logistics units and services activities [4].

The basis of logistics management is the decision of the commander to perform the tasks, and organizational work of the combined arms force deputy commander on logistics and the management bodies concerning logistics.

The main principles of logistics management are: chain of command in logistics; determination in implementation of decisions; timely response to changes in the situation; personal responsibility for the decisions made on implementation of their tasks.

Relevant indicators, that characterize the principles that most affect the efficiency of logistics management and quality of the combined arms force deputy commander's work on logistics have been introduced [4].

Thus, the sustainability of logistics management presupposes the ability of the combined arms force command and the management bodies to perform the tasks under conditions of combat actions.

Sustainability is a complex characteristic of the logistics management system and is achieved by creation of logistics operations center; protection from interference created by both the enemy and their own radio-electronic means; increasing the time of failure-free operation and rapid restoration of command and control facilities.

The complex indicator of sustainability is characterized by the coefficient of sustainability of the logistics support system; and partial indicators – by parameters that take into account the reliability of functioning of the logistics support system elements; by parameters that take into account the survivability of components of the logistics support system; parameters that take into account the quality of management of the logistic process.

Continuity of logistics management characterizes the ability of officials and logistics bodies to influence constantly the course of logistics support of the combined arms force.

Continuity of logistics management is achieved by: constant communication with provided units, as well as subordinated and interacting bodies of logistics support, and with the senior commanders; ensuring constant readiness of logistics operations center; timely capacity building of management tools; rational location of logistics operations center, command posts of logistics units, their timely transfer under conditions of combat actions, if necessary, the rapid transfer of control from one center to another; rapid recovery of broken management.

Continuity is characterized by survivability indicators. The research of the survivability of logistics support units was carried out using existing techniques [5, 6].

These techniques cover several states of the unit: outside the shelter, concealment using protective terrain characteristics; outside the shelter, concealment using organic means of disguise; inside the shelter, with the use of organic means of disguise.

In addition, the survivability of the unit while delivering materiel and at the point of breakdown was studied.

In circumstances where modern means of reconnaissance are applied, survivability of the logistics support unit is characterized by the indicator of survivability during the predetermined time and the probability of damage to the object [6].

Analysis of operational forming-up of the combined arms force, the possible composition of defensive or offensive enemy forces and their capabilities to allocate subversive reconnaissance units, detachments, tactical airborne troops, etc., shows that up to 25% of their total number sent to the rear of our troops will operate at a depth of up to 10 km, up to 25% - from 10 to 60 km., the rest will operate at a depth of 200 km or more.

The probability of the enemy influence on logistics support units in modern operations can increase, thus, the survivability of logistics support units will decrease.

The impact of the survivability of logistics support units on the efficiency of logistics in general requires additional consideration. This, in turn, requires the development of suggestions as for increasing the survivability of logistics support units of the combined arms force.

The interaction between the logistics support system elements of the combined arms force and its appropriate functioning is ensured by the process management, that is an integral part of logistics management and consists of for the organization and management implementation measures, and includes timely collection and processing of the information, data preparation and logistics decision-making on logistics, as well as timely and clear planning and setting tasks for executors, constant control and assistance during task execution; establishment of close cooperation with logistics support services; establishment and implementation of measures for protection, security and defense of logistics support units.

In modern combat actions logistics management is much more complicated. This is due to both the sharp increase of the time factor role and the peculiarities of the combined arms force tactic in combat. It requires the use of more skilled methods of work from officials when planning and implementing logistics management.

The efficiency of logistics management is characterized by the ability of officials and logistics support bodies to solve problems under conditions of combat actions.

The process of logistical support takes place under conditions of continuous influence of destabilizing factors, due to this, the actual behavior of the structural elements of the process deviates from the specified. The efficiency of logistics support significantly depends on the efficiency of management.

3. CONCLUSIONS AND PROSPECTS OF FURTHER RESEARCH

Thus, the selection and substantiation of indicators of logistics management efficiency evaluation of the combined arms force units under conditions of combat

actions, namely, indicators of probability of forces attendance and means of providing materiel in relation to a certain area with minimal performans of the materiel transportation system, taking into account the enemy fire activity; efficiency coefficients of the materiel support subsystem, taking into account the ground location of military equipment and personnel of this subsystem.

Analysis of the management cycle components and analysis of the management structure based on the results of previous studies [7] shows that the time spent on the management cycle of logistics support of the combined arms force can be up to 2.66 hours.

Low operations indicators of the efficiency degree in performing tasks on logistics management reduce the efficiency of the logistics support process of the combined arms force and require reduction in time spent on the logistics management cycle. For a person responsible for making decisions, the concept of "efficiency criterion" is the rule that allows to compare certain decisions, methods, and options for achieving the goal.

References

1. Problematic issues of development and organization of the Armed Forces of Ukraine logistics based on the experience of the anti-terrorist operation and the development of the logistics system in NATO countries. Scientific and practical seminar, June 29, 2017. Kyiv. 2017. 107 p.
2. On Approval of the Basic Provisions of Logistics Support of the Armed Forces of Ukraine. Order of the Ministry of Defense of Ukraine dated 11.10.2016 №552.
3. Vorobiov O.M., Vlasov I.O., Ugrinovich O.I., Golcin V.O. Analysis of problematic issues of logistics support of the anti-terrorist operation and determining directions for their solution. Collection of research papers "Proceedings of the University". Kyiv: NDA, 2014. № 4. P. 206.
4. Lazorenko V.I., Tkachenko V.V., Kivlyuk V.S. Operational rear. Part 1. Fundamentals of the operational rear. Training Manual. Kyiv: NDU, 2014. 346 p.
5. Yurkova B.N. Operations research. Moscow: VIKI, 1990. 528 p.
6. Ensuring the survivability of troops and force reconstitution in combat and operations. Training Manual. Moscow: Voenizdat, 1980. 104 p.
7. Denisov A.A., Kolesnikov D.N. Theory of large command and control systems. Leningrad: 1982. 350 p.

УПРАВЛІННЯ ТЕМПЕРАТУРНИМ РЕЖИМОМ ПРОЦЕСІВ ПРОКАТКИ

Добровольська Л.О.

кандидат технічних наук, доцент

*доцент кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій
Приазовського державного технічного університету, Україна*

Гавашелі В.Г.

*магістр кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій
Приазовського державного технічного університету, Україна*

TEMPERATURE CONTROL OF ROLLING PROCESSES

Dobrovolska L.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*Associate Professor, Department of Automation and Computer Technologies
Priazovskyi State Technical University, Ukraine*

Gavasheli V.

*Master, Department of Automation and Computer Technologies
Priazovskyi State Technical University, Ukraine*

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-5-8](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-5-8)

Анотація

У статті розглядається управління температурним режимом процесів прокатки за рахунок застосування математичної моделі температурних режимів прокатки сортових профілів, яка дозволить вдосконалити управління температурним режимом процесів прокатки і оптимізувати технологічні параметри для усунення нерівномірності розподілення температури по довжині смуги.

Abstract

The article considers the control of the temperature regime of rolling processes through the application of a mathematical model of temperature regimes of rolling profiles, which will improve the control of the temperature regime of rolling processes and optimize technological parameters to eliminate uneven temperature distribution along the strip.

Ключові слова: прокатний стан, прокатна кліть, температурні режими, сортовий профіль, моделювання прокатного процесу.

Keywords: rolling mill, rolling plate, temperature modes, high-quality profile, rolling process modeling.

Постановка проблеми. Сучасне становище на ринку характеризується постійно зростаючими вимогами споживача до якості готової продукції металургії. Забезпечити високу якість можливо тільки при систематичному контролі технологічного процесу, який проводиться за всіма межами і дозволяє мінімізувати затрати енергетичних і матеріальних ресурсів. Основними показниками, що забезпечують отримання заданої якості металу, є состав, структура, стан поверхні.

Особливо важливе місце займає температурний режим нагріву і охолодження у ході проведення прокатки, який визначає як якість продукції, так і витрати енергії і ресурсів. Відповідно, температурний режим впливає на техніко-економічні параметри і тому управління температурним режимом процесів прокатки, є досить актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковою основою для створення систем автоматизації прокатних станів стала теорія прокатних станів як об'єктів управління, що базується на положеннях теорії прокатки. Сучасна теорія прокатки і конструкції прокатних станів отримали розвиток в значній мірі завдяки роботам вітчизняних вчених А.І. Целікова, А.П. Чекмарьова, Г.Л. Химича, В.С. Смирнова, І. М. Павлова, І.Я. Тарновського, В.Л. Колмогорова, П.І. Полухина. Значний внесок у розробку теорії прокатних станів як об'єктів управління та створення систем автоматизації прокатних станів внесли М.М. Дружинін, І.М. Меєрович, Ю.Д. Железнов, Г.Г. Григорян, А.Б. Щелепікін, А.С. Філатов, В.І. Попельнух, В.К. Хотулев, Б.Н. Дралюк, В.Л. Стефанович, Б.Б. Тимофєєв, В.І. Архангельський, А.Н. Чернишов і багато інших.

На основі аналізу відомих літературних даних, підтверджено заключення, що температурний режим прокатки є одним із основних факторів, що визначають мікроструктуру і, відповідно, механічні властивості гарячекатаних смуг. При цьому для більшості сталей прокатка має закінчуватися в області температури однородної аустенітної структури. У цілому оцінка показників якості гарячекатаних смуг за даними про температуру прокатки здійснюється з істотним запізненням.

Мета статті – підвищення ефективності виробництва гарячекатаних смуг на прокатних станах за рахунок вдосконалення управління температурним режимом процесів прокатки.

Виклад основного матеріалу. Температура є інтегральною величиною, що визначає досягнення необхідної якості або її підвищення, необхідної продуктивності, мінімізації витрат енергії, питомої витрати палива, води, захисної атмосфери.

Контроль температури металу на прокатних станах здійснюється за допомогою пірометрів випромінювання лише в окремих точках, причому при їх використанні недостатньо враховуються методичні похибки. Методичні похибки у даному випадку пов'язані з наступними явищами:

- зі змінним ступенем чорноти об'єкта вимірювання, що залежить від рівня температури, хімічного складу металу, стану його поверхності, кута візування і т.п.;

- з фоновим випромінюванням;
- із впливом проміжного шару повітря, що містить триатомні гази (CO₂, H₂O, SO₂).

Також важливим при вимірюванні температури металу є знання дійсного ступеня чорноти, значення якого використовується для введення корекції до показання пірометрів випромінювання, який градується по абсолютно чорному тілу.

Усі метрологічні характеристики даного приладу для безконтактного виміру температур дійсні тільки для абсолютно чорного тіла. Але реальні метали по своїм випромінювальним характеристикам відрізняються від абсолютно чорного тіла. Випромінювальні характеристики відомі лише для обмеженого числа марок сталі, вузьких інтервалів температури та тільки для окремих діапазонів довжин хвиль.

Методичні похибки, що виникнуть через невідомі спектральні і інтегральні показники ступеня чорноти металу, фонового випромінювання, запиленості, неточного візування, впливу селективно випромінюючих і поглинаючих газів і т.п., враховуються не повністю, а введення точних поправок на ступінь чорноти достить складно, так як ці дані досить специфічні і практично недостатньо відомі.

Наприклад, помилка у величині ступеня чорноти, що задається, в 0,1 призводить до похибки від 15 до 60 град. С залежно від рівня температури, спектрального діапазону приймача випромінювання і т.п. [1].

У зв'язку з цим моделювання температурних режимів прокатки є дуже перспективним і є базою для аналізу та вдосконалення існуючих та розробки нових технологій прокатки, які забезпечать отримання якісного кінцевого продукту.

Важливим завданням у прокатному виробництві є вибір температурних режимів нагрівання металу перед прокаткою, визначення температури металу у будь-якій точці прокатного стану.

Теоретичні дослідження температурних полів можна умовно розділити, виходячи з методів розв'язання рівнянь теплопровідності, таким чином:

- методи елементарних балансів, де використовують середньоінтегральне значення температури за товщиною смуги, що не дає можливості дослідити зміну температури за товщиною смуг;
- аналітичні методи розв'язання рівняння теплопровідності, де використовують класичні методи розв'язання диференціальних рівнянь у приватних похідних. Кінцеві результати залежать від точності прийнятих припущень початкових та граничних умов. Метод використовує рівняння теплопровідності по одній, максимум двом координатам з постійними теплофізичними коефіцієнтами та з граничними умовами;
- рішення рівняння теплопровідності методами електроаналогії. Переваги – рішення у реальному масштабі часу. Але вони дуже трудомісткі, мають невисоку точність;
- звичайно-різносні або чисельні методи. Це рішення рівняння теплопровідності, яке засновано на заміні диференціальних операторів рівняння теплопровідності їх кінцево-різницеви аналогами і

заміні області функцій, що безперервно змінюється, сітковою областю. Недолік - велика трудомісткість алгоритмів і програм, що реалізують метод.

Пропонується модель температурних режимів, яка враховує зміни температури у прокатній кліті та міжклітинному проміжку, а також при транспортуванні металу [2].

Ця математична модель дозволяє вирішувати завдання керування температурними режимами прокатки та оптимізувати технологічний режим.

$$t_i = t_{i-1} - \sum_{j=1}^{n_1} \Delta t_{пj} + \sum_{k=1}^{n_2} \Delta t_{pk} + \sum_{l=1}^{n_3} \Delta t_{hl} - \sum_{z=1}^{n_4} \Delta t_{oxz} \quad (1)$$

t_{i-1}

де - задана температура металу;

$\Delta t_{п}$ - втрати температури металу в процесі його прокатки та транспортування;

Δt_{p} - розігрів металу в процесі його деформації;

$\Delta t_{н}$ - нагрівання гуркоту в технологічному потоці стану;

Δt_{ox} - охолодження прокату в охолоджуючих пристроях;

$i = \overline{1, n}$ - фактори, що впливають на зміну температури прокату;

$j = \overline{1, n_1}$ - фактори, що сприяють охолодженню металу в процесі пластичної деформації;

$k = \overline{1, n_2}$ - фактори, що викликають розігрів гуркоту в процесі пластичної деформації;

$l = \overline{1, n_3}$ - підігрівальні пристрої в лінії прокатного стану.

$z = \overline{1, n_4}$ - охолодження пристроїв в лінії прокатного стану.

Цільова функція завдання управління температурним режимом має вигляд:

$$|t^* - t(x_1, x_2, \dots, x_n)| \rightarrow \min(2)$$

де t^* , t - задана та розрахункова температури металу;

x_1, x_2, \dots, x_n - керуючі параметри.

Проаналізувавши складові температурного балансу, тип прокатного стану та особливості технологічного процесу та обладнання обрані керуючі параметри процесу: початкова температура нагріву заготовок у печі; лінійний масив значень швидкості прокатки та показників деформації в проходах, довжина та площа поперечного перерізу заготовки, кількість проходів, час пауз між ними.

При прокатці також має місце нерівномірність розподілу температури по довжині смуги. Відбувається це за рахунок неодноразової пластичної деформації переднього та заднього кінців розкочування, що призводить до відхилень розмірів профілю та зниженню точності прокатки.

Дана модель температурних режимів дозволить визначати як середньомасову температуру, так й температуру переднього і заднього кінця смуги. Як керуючі впливи прийнято температуру нагріву переднього і заднього кінців заготовки, де шляхом регулювання подачі палива на пальники створюється різниця нагріву по довжині заготовки. Для забезпечення рівномірної температури по довжині смуги у всіх проходах температура нагрівання заднього кінця заготовки повинна бути на 50 градусів вищою, ніж переднього.

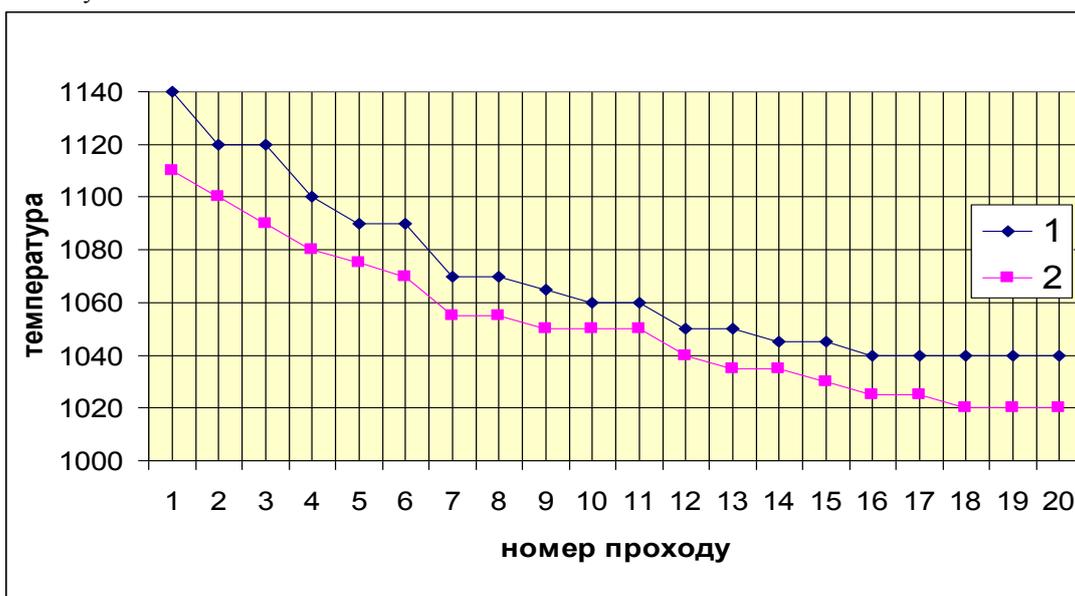


Рис. 1 – Результати розрахунку температури смуги

де 1 – передній кінець;

2 – задній кінець

Результати моделювання подано на рис. 1 у вигляді графіків, які показують результати розрахунку температури переднього та заднього кінців смуги.

Висновок: Пропонується математична модель температурних режимів прокатки сортових профілів, яка дозволить удосконалити управління температурним режимом прокатки та оптимізувати технологічні параметри для усунення нерівномірності розподілу температури по довжині смуги.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ КОТЛОМ-УТИЛІЗАТОРОМ МЕТОДИЧНОЇ ПЕЧІ

Добровольська Л.О.

кандидат технічних наук, доцент

*доцент кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій
Приазовського державного технічного університету, Україна*

Карпенко В.Є.

*магістр кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій
Приазовського державного технічного університету, Україна*

IMPROVEMENT OF THE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF THE RECOVERY BOILER OF THE METHODOICAL FURNACE

Dobrovolska L.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*Associate Professor, Department of Automation and Computer Technologies
Priazovskyi State Technical University, Ukraine*

Karpenko V.

*Master, Department of Automation and Computer Technologies
Priazovskyi State Technical University, Ukraine*

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-8-10](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-8-10)

Анотація

У статті розглядається модернізація котла-утилізатора методичної печі, яка дозволить підвищити ефективність роботи за рахунок удосконалення управління технологічним процесом та шляхом заміни технічних засобів автоматизації на більш сучасні.

Abstract

The article considers the modernization of the boiler-utilizer of the methodical furnace, which will increase the efficiency of work by improving the control of the technological process and by replacing the technical means of automation with more modern ones.

Ключові слова: котел-утилізатор, температурні режими, барабан, газоаналізатор, солемір, калорифер, співвідношення природний газ-повітря.

Keywords: waste heat boiler, temperature regime, drum, gas analyzer, salt meter, air heater, natural gas-air ratio.

Постановка проблеми. Для енергетичних галузей промисловості значним потенціалом розвитку є раціоналізація споживання паливо-енергетичних ресурсів. На підприємствах чорної металургії для забезпечення технологічного процесу використовуються первинні ресурси (природний газ, кокс, вугілля, мазут та ін.). Ці процеси супроводжуються виробленням високопотенційних вторинних ресурсів у вигляді газів, що відходять, з температурою від 400 до 1500 °С. Також до вторинних ресурсів можна віднести тепло основної та проміжної продукції, тепло гарячої води та пари, відпрацьованих у технологічних силових установках.

Завдання максимального використання вторинних ресурсів має як економічне, так й екологічне значення, так як зниження витрат палива, що забезпечується використанням вторинних енергоресурсів, зменшує кількість шкідливих викидів та знижує забруднення довкілля.

Рішенням щодо утилізації теплових та горючих вторинних ресурсів є застосування котлів-утилізаторів (КУ). Тому своєчасна модернізація, що забезпечує високоефективну роботу котлів-утилізаторів, є дуже актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світі накопичено значний науково-дослідний мате-

ріал та досвід розробки та впровадження технологій, що підвищують ефективність роботи котлів-утилізаторів. Широко відомі роботи у цьому напрямі М.Гроля (Німеччина); Ю.Ф.Майданіка, В.М.Кісеєва, Г.В.Кузнецова (Росія); М.Б.Х.Мантеллі (Бразилія); М.К.Безродного (Україна); І.Л.Піоро (Канада).

На основі аналізу відомих літературних даних, підтверджено, що головною з особливостей, що відрізняють КУ від звичайних промислових котлів є те, що провідним регулюючим параметром є не вироблення пари, яка визначає витрату необхідної енергії палива, а кількість енергії, що вноситься потоком технологічних газів, що відходять, і визначають вироблення пари, як реакцію КУ на режим теплової роботи, що задається технологічним агрегатом. У КУ витрати та температура газу задані. Управління КУ полягає в тому, щоб забезпечити надійну утилізацію теплоти газів, що відходять, з технологічної установки шляхом утворення відповідної кількості пари заданих параметрів (тиску та температури пари). КУ є важливою ланкою в утилізації теплових та горючих вторинних ресурсів, тому ефективна його робота дуже важлива [1].

Мега статті – підвищення ефективності роботи котла-утилізатора за рахунок удосконалення управління технологічним процесом та шляхом заміни технічних засобів автоматизації на більш сучасні.

Виклад основного матеріалу. На методичних печах на стані 3000 використовують уніфіковані котли-утилізатори ПМК-100/45-200-5.

Котел-утилізатор є пасивним об'єктом управління і залежить від роботи методичної печі. З цього випливає, що АСУ ТП котла-утилізатора та АСУ ТП методичної печі мають бути взаємопов'язані між собою.

Котел-утилізатор призначений для утилізації димових газів, що відходять від методичної печі та для підігріву повітря, що надходить на піч для горіння палива.

Управління котлом утилізатором полягає в тому, щоб забезпечити надійну утилізацію теплоти відхідних газів технологічної установки шляхом утворення відповідної кількості пари заданих параметрів (тиску та температури перегріву).

Барабан котла-утилізатора є основним елементом, тому, що в ньому відбувається накопичення насиченої пари, поділ пароводяної емульсії на пару і воду, з барабана здійснюється подача води у випарні поверхні нагріву, а також подача насиченої пари в пароперегрівач.

Основним параметром, який підлягає регулюванню, є рівень барабана котла-утилізатора. При зменшенні рівня в барабані котла-утилізатора, можливі перегрів і прогар випарних поверхонь на-

гріву, внаслідок зменшення об'єму води, що надходить з барабана котла-утилізатора в випарні поверхні нагріву. При збільшенні рівня в барабані котла-утилізатора, можливе закидання котлової води в пароперегрівач, а це в свою чергу може призвести до прогару пароперегрівача і попадання крапельок води разом з паром на лопатки турбіни, що призведе до миттєвого руйнування лопаток турбіни.

Рівень у барабані котла-утилізатора залежить від багатьох параметрів: витрати поживної води, паропродуктивності котла, тиску в барабані.

При збільшенні витрати поживної води відбувається спочатку різке зниження рівня пароводяної емульсії в барабані котла-утилізатора, внаслідок охолоджувальної дії води, а також це викликає невелике зменшення паро-утворення. При зменшенні витрати поживної води відбувається набухання пароводяної емульсії, що викликає збільшення рівня в барабані котла-утилізатора, і призводить до зменшення тиску в барабані.

На котлі-утилізаторі є системи автоматичного регулювання рівня води в барабані-парозбірнику, а також температури та рівня води в колодязі-охолоджувачі. Автоматичне регулювання рівня води в барабані-парозбірнику здійснюється триімпульсним регулятором, який впливає на регулюючий клапан на вузлі живлення котла-утилізатора. Імпульсами для регулювання служать: рівень води в барабані-парозбірнику, витрата поживної води на котел-утилізатор і витрата пари від котла-утилізатора [2].

Оскільки регулювання рівня води в барабані є важливим, пропонується використовувати математичну модель контура регулювання рівня води в барабані котла, рис. 1. Від регулятора керуючий вплив через перетворювач, що є трипозиційним релейним елементом, надходить на виконавчий механізм. Як виконавчий механізм використовується засувка з електроприводом, моделлю якого є ідеальна ланка, що інтегрує, з коефіцієнтом K_1 . Об'єкт керування – барабан КУ.

Коефіцієнт K_1 характеризує зміну витрати води залежно від положення заслінки:

$$K_1 = \frac{Q_{\max}}{T}, \quad (1)$$

де Q_{\max} – максимальна пропускна спроможність трубопроводу, кг/сек;

T - час повного ходу вихідного валу, сек.

Так як об'єктом управління є барабан котла, в якому зміна витрати води викликає зміну рівня, то це ланка, що інтегрує. Коефіцієнт K_2 визначається за такою формулою:

$$K_2 = \frac{1}{S}, \quad (2)$$

де S – площа резервуару (барабану), м².



Рис. 1 – Контур регулювання рівня води в барабані

Також в ході проведення модернізації рекомендується зробити наступні заходи:

1). Встановити у підйомному димарі між піччо та КУ газоаналізатори на O_2 та CO - MRU SWG 300, що дозволить контролювати повноту згоряння палива та попадання кисню в КУ, яке може призвести до швидкої окислюваності та виходу з ладу трубок, що входять до КУ.

2). Необхідно здійснювати контроль хімічного складу води в барабані, поживної води на котел, який зараз проводиться наступним чином: проводиться взяття проби, потім проба відправляється в хімічну лабораторію, далі інформація про вміст солі у воді надходить назад на пульт керування КУ. Тому рекомендується встановити солемери МАРК-602Т на поживну воду і в солоний відсік барабана котла (вміст солі визначається непрямим шляхом по солемісту в солоному відсіку), що прискорить отримання інформації про вміст солі у воді і, відповідно, підвищить якість управління технологічним процесом.

3). Перед подачею на рекуператор необхідно підігріти повітря. Це робиться для того, щоб волога холодного повітря при зіткненні з гарячими трубками з продуктами згоряння, що відходять, миттєво не конденсувалася на трубках, не відбувалася корозія трубок і поява на них отворів. У системі передбачено калорифер, який підігріває повітря перед подачею його на рекуператор для подальшого підігріву та подачі на спалювання, який опалюється за рахунок подачі на нього насиченої пари. Рекомендується розробити автоматичну систему підігріву повітря до певної заданої температури. Необхідно вимірювати температуру повітря на виході з калорифера і вимірювати витрату насиченої пари, що

подається на опалення калорифера. Порівнюючи необхідну температуру повітря із заданою, необхідно, відповідно, збільшувати або зменшувати витрату насиченої пари. Тим самим, на виході з калорифера отримуватимемо повітря з постійною температурою і, отже, система регулювання дозволить не залежати температурі повітря, що виходить, від температури, що входить, за різних температурних умов.

4). Оскільки трубки рекуператора піддаються корозії, і в них з'являються отвори, то відбувається перехід відпрацьованих димових газів з трубок в повітря, що підігрівається, і зменшує відсотковий вміст кисню в загальному обсязі повітря. Тому в системі регулювання співвідношення природний газ-повітря рекомендується встановлення газоаналізаторів MRU SWG 300 на кисень перед входом повітря на рекуператор і після виходу повітря з нього.

Усі пропозиції щодо модернізації будуть враховані під час розробки функціональної схеми автоматизації.

Висновок. Запропонована модернізація дозволить підвищити ефективність роботи котла-утилізатора за рахунок вдосконалення управління технологічним процесом та шляхом заміни технічних засобів автоматизації більш сучасними.

Список літератури

1. Бойко, В.И. Автоматизированные системы управления технологическими процессами в черной металлургии: учебное пособие / В.И. Бойко, В.А. Смоляк. - Днепропетровск, 1997. – с. 507.
2. Глинков, Г.М. АСУ ТП в черной металлургии / Г. М. Глинков, В.А. Маковский. – М.: Металлургия, 1999. – 310 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕТОДИЧНОЇ ПЕЧІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПОЛУМ'ЯНИХ ПАЛЬНИКІВ

Добровольська Л.О.

кандидат технічних наук, доцент

доцент кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій
Приазовського державного технічного університету, Україна

Шкана Г.О.

магістр кафедри автоматизації і комп'ютерних технологій
Приазовського державного технічного університету, Україна

MODERNIZATION OF THE METHODOICAL FURNACE BASED ON THE USE OF A FLAMELESS BURNER**Dobrovolska L.***Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Associate Professor, Department of Automation and Computer Technologies
Priazovskyi State Technical University, Ukraine***Shkapa G.***Master, Department of Automation and Computer Technologies
Priazovskyi State Technical University, Ukraine*DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-10-13](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-10-13)**Анотація**

У статті розглядається модернізація системи автоматичного управління температурним режимом методичної печі за рахунок застосування безполум'яних пальників, що працюють з низьким надлишком повітря і можливістю роботи на повітрі збагаченому киснем. Пропонована модернізація дозволить значно збільшити економію палива; зменшити окалиноутворення; збільшити продуктивність печі; забезпечить рівномірність розподілу температур в печі.

Abstract

The article discusses the modernization of the automatic temperature control system of the methodical furnace due to the use of flameless burners operating with a low excess of air and the possibility of working in oxygen-enriched air. The proposed modernization will significantly increase fuel economy; reduce scale formation; increase furnace productivity; ensure uniform temperature distribution in the furnace.

Ключові слова: методична піч, зони печі, температурний режим, система управління, інжекційні пальники, безполум'яні пальники.

Keywords: methodical furnace, furnace zones, temperature regime, control system, injection burners, flameless burners.

Постановка проблеми. Істотний вплив на якісні енергетичні та економічні показники прокату надає режим нагріву металу в методичних печах. Завдання підвищення енергоефективності виробництва багато в чому зводиться до вдосконалення теплової роботи методичних печей і може бути вирішено шляхом розробки високоефективних теплових режимів, що відповідають вимогам, що пред'являються до якісних характеристик нагріву металу та енергозбереження. Тому вирішення такого завдання є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження і розробки пов'язані з управлінням температурним режимом нагрівальних печей ведуться дуже давно. Існують успішні розробки багатьох вчених світу. Це роботи Афанасьєва В. Н., Круглова С. П., Лєтова А. М., Ротача В. Я., Кудінова Ю. І., Клімовицького М. Д., Остапенко А. Л., Бейгельзімера Е. Е. Також відомі науковці з Італії Алессандро Делла Рокка, Массіміліано Фантуцци. Розробки Tenova LOI Italimpianti. Так методика обчислювального гідродинамічного моделювання, розроблена дослідницьким центром Centro Sviluppo Materiali в рамках проекту FlexuTech® Tenova для моделювання окремих пальників, була вдосконалена з метою її застосування в нагрівальних печах в цілому. Корзин В.В. і Абузяров Р. А. з філії ВолгГТУ розраховували математичну модель об'єкта управління, однієї секції нагрівальної печі. У даній науковій роботі було розглянуто розрахунок математичної моделі об'єкта управління, однієї секції печі. Сукупність математичних рівнянь, що відображають залежність вихідних величин від вхідних, доповнена обмеженнями, що накладаються на ці величини,

умовами фізичної здійсненності, вимогами з безпеки функціонування, рівняннями зв'язку з іншими об'єктами, є математичною моделлю процесу. Модель процесу доповнюється алгоритмом управління, що забезпечує випуск продукції із заданими показниками незалежно від деякого коливання характеристик вихідних матеріалів, енергії, що підводиться і т. п. Актуальним науковим напрямком розвитку нагрівальних печей є застосування і розробка нових пальникових пристроїв для об'ємного спалювання палива з високотемпературним повітрям [1].

Мета статті - на основі існуючих теоретичних і практичних матеріалів модернізувати систему автоматичного управління температурним режимом методичної печі за рахунок застосування безполум'яних пальників, що працюють з низьким надлишком повітря і можливістю роботи на повітрі збагаченому киснем.

Виклад основного матеріалу. Методичні печі використовуються для нагрівання металу перед прокаткою на листових і сортопрокатних станах. Вони відносяться до печей безперервної дії. Метал, пересуваючись, проходить наступні зони печі: методичну (не опалювальна зона попереднього нагріву); зварювальну, в якій здійснюється швидкий нагрів металу; томильну, де відбувається вирівнювання температури по перетину заготовки.

Перевагами методичних печей є безперервний характер роботи і завдяки цьому стабільний тепловий режим, що полегшує автоматичне регулювання теплового режиму. Методична піч, яка є об'єктом дослідження, працює з низькими техніко-економічними показниками. Причина цього у системі опалення печі, яка потребує модернізації.

Опалення методичної печі засноване на застосуванні інжекційних пальників. Принцип дії полягає в тому, що потік повітря всмоктується при впливі потужного газового струменя в корпус, де відбувається повне змішання газу середнього тиску з необхідною кількістю повітря, в процесі роботи випускають невелике полум'я, а сам процес закінчується в мінімальному обсязі.

У процесі дослідження виявлені наступні недоліки: незадовільне пропорціонування газу і повітря при малих їх витратах; проскоки полум'я в змішувач при роботі на підігрітій суміші і шум; мала довжина факела [2].

В управлінні температурним режимом методичної печі пропонується заміна інжекційних пальників на безполум'яні пальники (MILDFLAME® безполумінні пальники зі збагаченням киснем), які можуть працювати з низьким надлишком повітря (2-5%) і можливістю роботи на повітрі збагаченому киснем (до 29%). До переваг даних пристроїв необхідно віднести наступні: значна економія палива;

зменшення окаліноутворення; збільшення продуктивності печі; рівномірність розподілу температур.

Пальники ML300 потужністю 2500 кВт і ML350 потужністю 3300 кВт рекомендується встановити по зонах печі, що забезпечить рівномірний розподіл температури по всій печі.

Пальники працюють з підігрітим до 400-450°C повітрям. Безполум'яна робота з температурою в ядрі полум'я 1450°C поліпшить умови роботи футеровки печі, продовжить термін служби футеровки.

Робота пальників з низьким надлишком повітря 5% і менше, і на підігрітому повітрі до 450°C забезпечить додаткову значну економію палива, низькі викиди NOx і CO, утворення окалини менше 0,7%.

Застосування даного типу пристроїв також забезпечить і економію палива, оскільки пальник буде працювати з 5% і меншим надлишком повітря. Повне згоряння забезпечить до 2% надлишкового повітря з низькими викидами CO (<10 ppm). Значна економія енергії буде досягнута за рахунок повного згоряння в умовах низького надлишку повітря, що відображено в табл.1.

Таблиця 1.

Економія палива				
Надлишок повітря	15% (3.2% O ₂)	10% (2.1% O ₂)	5% (1.1% O ₂)	2% (0.4% O ₂)
Доступне тепло	50.9%	52.2%	53.5%	54.3%
Економія палива	0%	2.5%	4.9%	6.3%

При використанні пальника Mildflame буде досягнуто рівномірний розподіл температури по всій печі. Термін служби вогнетривких матеріалів всередині печі зростає (пальник має стандартну температуру горіння 1900°C, у пальнику Mildflame – температура полум'я – 1450°C).

Поява окалини, що утворюється під час гарячої обробки, призводить до серйозних матеріальних втрат. Створення процесу згоряння з низьким надлишком повітря може зменшити відсоток окалини. Зниження вмісту кисню з 2,2% до 1,1% і зменшення утворення окалини з 1% до 0,7% призведе до економії палива на 2,4%, що відображено в табл. 2.

Таблиця 2.

Зниження утворення окалини					
Надлишок повітря	25% (5.3% O ₂)	20% (4.2% O ₂)	15% (3.2% O ₂)	10% (2.1% O ₂)	5% (1.1% O ₂)
Утворення окалини	1.5%	1.35%	1.15%	0.9%	0.7%

Пальник Mildflame забезпечить низькі викиди NOx і CO. Так, викиди NOx будуть нижче 60 проміле (при температурі печі 1200°C, температурі повітря для горіння 450°C з 5% кисню).

В обсязі модернізації передбачена повна заміна трубопроводів подачі підігрітого повітря від повітропідігрівача котла-утилізатора до пальників по всіх зонах печі, вентиляторів, регулюючої арматури.

Для забезпечення вимог до потоку повітря в районі витратомірних вузлів по допустимій шорсткості внутрішньої поверхні і більш ефективної теплової ізоляції пропонується виконати усі повітропроводи без внутрішньої футеровки, але з зовнішньою високоефективною ізоляцією і покриттям з алюмо-цинкового листа. Діаметри повітропроводів будуть розраховані в процесі проектування печі для

забезпечення необхідного обсягу повітря на горіння після модернізації. Трубопроводи виготовлені зі сталі (температура експлуатації: -40 до 450°C). Ізоляція повітропроводів-матами SIP-112 товщиною 50 мм забезпечить мінімальне (не більше 20-30°C) зниження температури повітря на шляху від повітропідігрівача до пальників.

На колекторах по зонах печі встановлюються нові витратомірні вузли з датчиками температури і заслінками, що регулюють, з прямим приводом і температурою експлуатації до 500°C.

Регулювання тиску повітря на горіння буде підтримуватися за рахунок управління регулюючим клапаном перед вентилятором в залежності від роботи печі.

Висновок. Запропонована модернізація системи автоматичного управління температурним режимом методичної печі за рахунок застосування безполум'яних пальників, що працюють з низьким надлишком повітря і можливістю роботи на повітрі збагаченому киснем, дозволить значно збільшити економію палива; зменшити окалінування; збільшити продуктивність печі; забезпечить рівномірність розподілу температури в печі.

Список літератури

1. Бойко В.И. Автоматизированные системы управления технологическими процессами в черной металлургии: учебное пособие / В.И. Бойко, В.А. Смоляк. - Днепропетровск, 1997. – с. 507.
2. Романько Я.В. Особенности модернизации нагревательных печей с шагающим подом на основе регенеративной системы отопления // Металлургическая и горнорудная промышленность №2. Днепропетровск. – 2015. с. 102-104.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ

*Елишев К.С.
магистрант*

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

FORMATION OF THE STRUCTURE OF HEAVY CONCRETE FOR THE PRODUCTION OF WALL PANELS

*Elishev K.
undergraduate student*

*Siberian State Automobile and Highway Academy
DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-13-15](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-13-15)*

Аннотация

В данной работе рассмотрены результаты испытания образцов бетона, твердевших при тепловлажностной обработке в различных режимах поднятия температуры. Выявлены причины и способы влияния скорости подъема температуры на структурообразование и, как следствие, на изменения эксплуатационные характеристики бетона.

Abstract

In this paper, the results of testing concrete samples hardened during heat and moisture treatment in various modes of raising the temperature are considered. The reasons and methods of the influence of the rate of temperature rise on structure formation and, as a consequence, on changes in the operational characteristics of concrete are revealed.

Ключевые слова: Структура, бетон, прочность, морозостойкость, водопоглощение.

Keywords: Structure, concrete, strength, frost resistance, water absorption.

В настоящее время панельное строительство ведется большими темпами, что провоцирует большой спрос на такие изделия. Очень важно изготавливать не только высококачественную и эффективную, но в то же время малозатратную продукцию. На производстве, для изменения физико-механических свойств продукции, необходимо контролировать механические (прочность, морозостойкость, водонепроницаемость) и физические (плотность, влажность, водопоглощение) свойства бетона, но этого не достаточно и требуется более детальное изучение.

Целью данной работы будет являться определение взаимосвязи протекания процессов структурообразования при тепловлажностной обработке с основными свойствами тяжелого бетона.

Одним из способов ускорения твердения бетонных изделий, является тепловлажностная обработка. Таким образом порочность, достаточная для реализации продукции набирается за несколько часов.

Как известно, нагрев ускоряет химические реакции. Но при нагреве, значительная часть воды испаряется, что замедляет или останавливает процесс гидратации цемента, поэтому в качестве теплоносителя используется пар, компенсирующий потери воды при повышении температуры. С увеличением температуры, активизируется взаимодействие воды и цемента в итоге ускоряется твердение бетона.

Большое влияние на качество и эксплуатационные характеристики железобетонных конструкций оказывает тепловлажностная обработка. Очень важно создать и сохранить правильную структуру бетона на всех стадиях производства. Это позволит наиболее точно прогнозировать и определять эксплуатационные характеристики готовых изделий.

Теперь рассмотрим вопрос влияния процесса тепловлажностной обработки на структурообразование бетона.

В результате затвердевания компонентов бетонной смеси образуется структура бетона. Под структурой бетона подразумевается сумма параметров характеризующих расположение в пространстве элементов каркаса цементного камня и

частиц заполнителей, вид и свойства контактов кристаллов и коллоидных частиц в составе каркаса, а также данные о форме, размере и количестве пор или промежутков между частицами твердой фазы. Основное влияние на нее оказывает гидратация цемента, его схватывание и твердение [1].

Образование структуры твердеющего бетона – сложный и тонкий процесс. С увеличением температуры среды интенсифицируются процессы твердения, что приводит к упрочнению структуры. Однако повышение температуры приводит также к усилению деструктивных процессов, так как к происходящим контракционным явлениям добавляются температурно-влажностные деформации [2].

В период нагрева совместным воздействием миграции влаги и температурных перепадов в объеме изделий образуются дефекты структуры, которые фиксируются физико-химическими процессами твердения в период изотермической выдержки.

Остаются неопределенными условия, при которых смягчается или полностью устраняется отрицательное влияние процесса увеличения интенсивности твердения бетона на его эксплуатационные свойства. Для оценки процесса формирования структуры и свойств бетонов проведены исследования с учетом различных режимов тепловой обработки, а также сравнение с аналогичными показателями бетона после нормально-влажного твердения.

Параметры термообработки являются определяющим фактором при формировании структуры материала, которую можно оценить по показателю пористости. Отличительной особенностью испытанных образцов является наибольшая величина макрокапиллярной пористости у бетона, подвергнутого тепловлажностной обработке со скоростью 30 °С/ч.

Характерным является то, что бетон, подвергнутый твердению при скорости подъема температуры 10...15 °С/ч, имеет минимальную величину макропористости и максимальную величину микропористости. Это является определяющей таких параметров, как водопоглощение и морозостойкость. Малая скорость подъема температуры благоприятно отражается на формировании структуры.

Поры образцов имеют близкие по величине размеры, относительно режима с увеличенной скоростью подъема температуры, и имеют меньшее число сообщающихся пор, что благоприятно сказывается на теплозащитных свойствах и увеличивает стойкость материала к знакопеременным температурам, без значительного снижения прочности. В то же время, на образцах со скоростью поднятия температуры 30 °С/ч, поры разного объема, расположены неравномерно, придают неоднородную структуру материалу и тем самым снижают его прочность. По той же причине показатели водопоглощения говорят о том что вода проникает в материал в большем количестве, что соответственно снижает марку бетона по морозостойкости [3].

Одной из косвенных характеристик процессов нарушающих структуру, является отклонение линейных размеров образцов от начальных. Полученные результаты показывают, что с увеличением скорости подъема температуры от 10 до 30 °С/ч деформации увеличиваются. Причем наименьшая величина деформаций составляет 0...0,1% при скорости подъема температуры 10...15 °С/ч, а наибольшая – 0,17...0,2% при скорости подъема температуры 25...30 °С/ч. [3,4] Эти данные показывают, как влияет быстрое увеличение температуры на конечный объем изделия.

Анализируя полученные экспериментальные данные, видим, что выбор оптимальной скорости увеличения температуры теплоносителя в первый период тепловлажностной обработки изделий в значительной степени определит такие свойства, как прочность, водопоглощение и морозостойкость, благодаря несущественному влиянию на процесс структурообразования бетона. Таким образом, при выборе режима тепловлажностной обработки бетона необходимо учитывать не только кинетику процесса твердения с точки зрения обеспечения требуемой прочности, но и учитывать то, как температурный режим влияет на процессы структурообразования, что в итоге определяет основные эксплуатационные свойства бетона. Наиболее оптимальный режим тепловлажностной обработки, по результатам исследования, должен иметь скорость подъема температуры в пределах 10-15 °С/ч.

Таблица 1

Влияние режима тепловлажностной обработки на свойства бетона

Скорость подъема температуры теплоносителя, °С/ч	Предел прочности, МПа		Водопоглощение, %	Морозостойкость, циклы
	при изгибе	при сжатии		
10	5,7	32,7	4,7	310
15	5,6	31,3	4,7	300
20	5,4	29,8	4,8	285
25	4,7	27,5	5,2	265
30	5,0	27,2	5,3	260
Твердение в нормальных условиях	5,8	33,0	4,8	315

Эффективными следует считать режимы тепловой обработки, которые позволяют получать бе-

тон заданной прочности без существенных нарушений его структуры при минимальных удельных расходах вяжущего и тепловой энергии. В общем виде

полный цикл тепловлажностной обработки бетонных и железобетонных изделий состоит из следующих периодов (рис. 14, а): предварительного выдерживания $\tau_{\text{пред}}$; нагрева изделия τ_{I} ; изотермического выдерживания τ_{II} ; охлаждения τ_{III} . Выбор рациональных режимов тепловой обработки основывается на полной увязке множества технологических и теплотехнических факторов. Длительность предварительного выдерживания, скорость нагрева, температура и продолжительность изотермического выдерживания и т. д. зависят от характеристик материала, условий эксплуатации изделия, конструкций тепловых установок.

Тепловлажностная обработка (ТВО) - процесс одновременного воздействия на твердеющий бетон тепла и влаги. ТВО ускоряет процесс твердения бетона, что позволяет использовать изделия и конструкции на более ранних сроках. Твердение бетонных изделий может происходить в естественных условиях при нормальной температуре или в условиях тепловой обработки (искусственные условия

твердения). Тепловая обработка позволяет ускорить твердение бетонной смеси. Тепло может быть получено от сжигания угля (в исключительных случаях), жидкого топлива, горячих газов или от электроэнергии. Наиболее часто в качестве теплоносителя используют воздух, горячую воду или пар, которые подаются в закрытые камеры.

Список литературы

1. Грановский И.Г. Структурообразование в минеральных вяжущих системах. – Киев: Наук. думка, 1984. – 299 с., ил.
2. Баженов, Ю.М. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
3. Торопова М.В. Процессы структурообразования при тепловлажностной обработке бетона
4. Торопова М.В. «Влияние тепловлажностной обработки на структурообразование и эксплуатационные свойства бетона». Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Ивановская государственная архитектурно-строительная академия. – Иваново, 2002. – 130 с.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ СУПЕРПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Елишев К.С.

магистрант

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

THE MECHANISM OF ACTION OF SUPERPLASTICIZING ADDITIVES

Elishev K.

undergraduate student

Siberian State Automobile and Highway Academy

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-15-17](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-15-17)

Аннотация

Эффективность введения в цементное тесто пластифицирующей добавки.

Abstract

The efficiency of adding a plasticizing additive to the cement paste.

Ключевые слова: Бетон, суперпластификаторы, монолитные конструкции, водопотребность.

Keywords: Concrete, superplasticizers, monolithic structures, water demand.

Дальнейший прогресс технологии бетона и железобетона сегодня справедливо связывают с разработкой и внедрением комплексных химических добавок. По существу, речь идет о химическом управлении свойствами и технологией бетона. Введение в состав бетонной смеси небольшого количества различных химических добавок позволяет в широких пределах изменить ее реологические свойства, прочностные и эксплуатационные характеристики бетона и железобетона.

Основной целью настоящей работы было на основе сравнительных результатов по характеристикам бетона с суперпластификаторами, установить их влияние на деформативные свойства бетона с тем, чтобы правильно прогнозировать эти свойства и при необходимости изменять их в нужном направлении.

Очевидно, чтобы придать строительному раствору хорошую подвижность без применения суперпластификатора, необходимо увеличивать количество воды затворения. Такое решение приводит, в первую очередь, к потере прочности на сжатие в возрасте 28 суток, а также к увеличению капиллярной пористости затвердевшего раствора вследствие испарения избыточной воды, что в конечном итоге снижает морозостойкость затвердевшего раствора.

При производстве высоко армированных, дорожного, аэродромного и гидротехнического строительства используют жесткие бетонные смеси, которые, благодаря низкому содержанию воды, дают большую прочность. Однако при использовании жестких бетонных смесей возникает вопрос о том, как плотно уложить такую смесь. Решение данной проблемы стало появление добавок пластификато-

ров. Их использование позволяет: повысить подвижность бетонной смеси, морозостойкость, водонепроницаемость и прочность бетона и экономить цемент без потери прочности.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности и качества материалов на основе минеральных вяжущих веществ является применение химических добавок. Их введение позволяет регулировать и управлять свойствами бетонов и растворов. Ведущее место среди химических добавок, применяемых в технологии бетона, занимают суперпластификаторы (СП) бетонных смесей.

В России в соответствии с ГОСТ 24211-2003 суперпластификаторы относятся к пластифицирующим добавкам 1-ой группы, обеспечивающим увеличение подвижности бетонной смеси от П1 с обеспечением осадки конуса 2-4 см до П5 без снижения прочности бетона во все сроки испытания. Различают суперпластификаторы, искусственно синтезированные и полученные в результате переработки сырья животного происхождения. В качестве суперпластификаторов животного происхождения используют казеин. Однако в настоящее время применение казеина, в силу ряда причин, ограничено во многих европейских странах, и поэтому в данной статье основное внимание уделено искусственно синтезированным суперпластификаторам.

Суперпластификаторы представляют собой анионоактивные органические вещества коллоидного размера с большим количеством полярных групп в цепи. Эффективность суперпластификаторов зависит от структуры, наличия и вида функционально активных групп, их расположения в молекулах, длины и формы цепей, молекулярной массы. Такие добавки, находясь в адсорбированном на зернах цемента и новообразованиях состоянии, создают «стерический» эффект отталкивания. Этот эффект, обусловленный формами цепей и характером зарядов на поверхности зерен цемента и гидратов, является причиной длительного сохранения жизнеспособности бетонных и растворных смесей. Такое механическое действие суперпластификаторов в 3...4 раза повышает подвижность бетонной смеси.

В зависимости от химической основы различают следующие виды суперпластификаторов:

*суперпластификаторы на основе сульфированных меламинафор-мальдегидных соединений и комплексов на их основе;

*суперпластификаторы на основе сульфированных нафталинформальдегидных соединений и комплексов на их основе;

*суперпластификаторы на основе модифицированных лигносульфанатов;

*суперпластификаторы на основе водорастворимых карбоксилатных полимеров.

Первые три вида известны с самого начала промышленного применения суперпластификаторов, поэтому их часто называют традиционными. Механизм действия традиционных суперпластификаторов упрощенно можно представить следую-

щим образом. Так как суперпластификаторы относятся к поверхностно активным веществам, то их основное свойство заключается в том, что молекулы таких веществ адсорбируются на поверхности частиц цемента и формирующихся новообразований, образуя тончайший моно-или бимолекулярный слой, при этом уменьшается межфазовая энергия сцепления и облегчается дезагрегация частиц.

Вместе с тем освобождается иммобилизованная вода, которая играет роль пластифицирующей смазки. Кроме того, адсорбированный слой сглаживает микрошероховатость частиц, уменьшая тем самым коэффициент трения между частицами. И, наконец, создание одноименного электрического заряда в результате адсорбции суперпластификатора на поверхности частиц твердой фазы исключает возможность их сцепления за счет электростатических сил и тем самым снижает вязкость суспензии. В процессе гидратации с ростом кристаллов новообразований постепенно прекращается отталкивающее действие одноименного электрического заряда и строительный раствор теряет подвижность.

В отличие от традиционных суперпластификаторов, действие суперпластификаторов четвертого вида ввиду особенностей структуры используемых полимеров, в основном базируется на стерическом эффекте, благодаря которому снижается трение компонентов суспензии строительного раствора. Такие суперпластификаторы во многих зарубежных странах называют сверхсупер или гиперпластификаторами. Данный вид суперпластификаторов разработан в девяностых годах и достаточно широко используется в европейских странах и Японии.

Применение различных видов суперпластификаторов в растворах при одинаковом водоцементном отношении способствует увеличению их подвижности по сравнению с контрольным составом без суперпластификатора. Однако с течением времени данный эффект уменьшается или происходит его полное прекращение. Различная продолжительность пластифицирующего эффекта при прочих равных условиях зависит в первую очередь от строения молекул различных суперпластификаторов и их принципов действия.

Действие суперпластификаторов ограничивается 2...3 ч с момента их введения и после первоначального замедления процессов гидратации и образования коагуляционной структуры наступает ускорение твердения бетона. Это объясняется тем, что адсорбционный слой добавки на поверхности зерен цемента проницаем для воды, а дефлокулирующее действие ПАВ увеличивает поверхность контакта цемента и воды, что приводит к увеличению числа гидратных новообразований.

Для установления зависимости и выбора оптимальной дозировки пластификатора проведено следующее исследование.

Методика исследования:

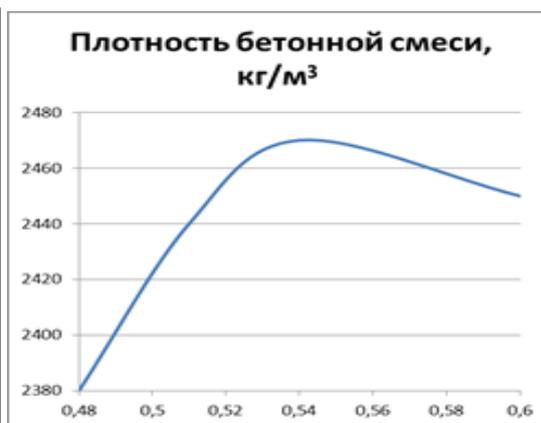
1. Определение водоцементного отношения.

2. Определение нормальной плотности цементного теста при введении в воду затворения добавки Glenium Sky 503.

3. Изготовление образцов кубиков 2х2х2см и уплотненных вибрированием.

4. Определение предела прочности при сжатии кубиков в возрасте 28 суток.

Результаты исследования:



Вывод:

При введении суперпластифицирующей добавки Glenium Sky 503 удалось снизить водопотребность бетонной смеси на 9%, при этом показатель прочности увеличился на 20,8%, по сравнению с образцом изготовленным без использования добавки.

Список литературы

1. <http://www.trotuar.ru/forms/articles/superpl.shtml> (13.04.15)
2. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник .2003 г.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТУКОСМЕСИ ИЗ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ, ПРИРОДНОГО ВЕРМИКУЛИТА И ФОСФОГИПСА

Жантасов К.Т.

академик РАН, д.т.н., профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды», зав. научно-исследовательской лаборатории «Неорганические соли, стимуляторы роста и защиты растений» НАО ЮКУ им. М. Ауэзова
<https://orcid.org/0000-0001-6867-1204>

Зият А.Ж.

преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело» НАО ЮКУ им. М. Ауэзова

Жуматаева С.Б.

докторант кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» НАО ЮКУ им. М. Ауэзова

Сарыпбекова Н.К.

Старший научный сотрудник, к.х.н, доцент, кафедра «Химия» НАО ЮКУ им. М. Ауэзова.

Жантасов М.К.

зав кафедрой «Нефтегазовое дело» к.т.н., ассоциированный профессор НАО ЮКУ им. М. Ауэзова

INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF FLOUR MIXTURES FROM WASTE FROM VARIOUS INDUSTRIES, NATURAL VERMICULITE AND PHOSPHOGYPSUM

Zhantasov K.,

Ziyat A.,

Zhumatayeva S.,

Sarypbekova N.,

Zhantasov M.

NAO "M. Auezov South Kazakhstan University" Shymkent, Republic of Kazakhstan

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-17-24](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-17-24)

Аннотация

Приведен краткий обзор по методам и способам применения фосфогипса в различных отраслях экономики и, в частности, в составе минерального удобрения пролонгированного действия, с целью использования в агропромышленном комплексе. Представлены результаты исследований физико-химиче-

ских свойств фосфогипса для обоснования возможности применения его в качестве мелиоранта при известковании закисленных почв из-за наличия в нем CaSO_4 , макро- и микроэлементов, оказывающих положительное влияние на рост сельскохозяйственных культур. Рентгенофазовым анализом фосфогипса установлено, что в старом и новом отвалохранилище содержится: гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 87,93% и 85,04%; кварца SiO_2 - 9,10% и 10,58%; бассанита $\text{CaSO}_4 \cdot 0,67 \text{H}_2\text{O}$ - 2,97% и 4,38%, соответственно. Исследован химический состав фосфогипса старого, и нового отвалохранилища Таразского филиала ТОО "Казфосфат". Проведен дифференциально-термический и ИКС анализы фосфогипса указанных отвалов. Определено, что особых отличий по содержанию основных компонентов не имеется. На основании проведенных исследований предложена инновационная технология и технологическая схема с материальным балансом получения нового ассортимента тукосмеси – сложно-смешанного удобрения-тукосмеси из твердых отходов производств пролонгированного действия, содержащего в своем составе фосфатное вещество, вермикулит, как влагоудерживающий компонент, внутренние вскрышные породы с микроэлементами и фосфогипс, как нейтрализатор почвенного покрова для снижения закисленности и засоленности посевных угодий.

Abstract

A brief overview is given on the methods and methods of applying phosphogypsum in various sectors of the economy and, in particular, as part of a mineral fertilizer of prolonged action, for use in the agro-industrial complex. The results of studies of the physico-chemical properties of phosphogypsum are presented to substantiate the possibility of using it as a meliorant for liming acidified soils due to the presence of CaSO_4 , macro- and microelements in it that have a positive effect on the growth of crops. X-ray phase analysis of phosphogypsum found that the old and new dump contains: gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - 87.93% and 85.04%; quartz SiO_2 - 9.10% and 10.58%; bassanite $\text{CaSO}_4 \cdot 0.67 \text{H}_2\text{O}$ - 2.97% and 4.38%, respectively. The chemical composition of phosphogypsum of the old and new dump storage facilities of the Taraz branch of LLP «Kazphosphate» has been investigated. Differential thermal and X-ray analyses of phosphogypsum of these dumps were carried out. It is determined that there are no special differences in the content of the main components. On the basis of the conducted research, an innovative technology and technological scheme with a material balance for obtaining a new range of tukosmesi - a complex-mixed fertilizer-tukosmesi from solid waste of prolonged-acting industries, containing in its composition a phosphate substance, vermiculite as a moisture-retaining component, internal overburden rocks with trace elements and phosphogypsum, as a neutralizer of soil cover to reduce acidification and salinity of cultivated land.

Ключевые слова: тукосмесь, минеральные удобрения, фосфогипс, инновационная технология, отвалохранилище, состав, смешение.

Keywords: tuko mixture, mineral fertilizers, phosphogypsum, innovative technology, dump storage, composition, mixing.

Введение

Сложившиеся положения по минеральным удобрениям на мировом и внутреннем рынках, предъявляют все новые требования к ним и тукомесям на их основе. Поэтому, разработка инновационных технологий по известкованию кислых и засоленных почв, рекультивации посевных площадей, повышению их плодородия и съема продукции сельхозкультур остается актуальной проблемой современности.

Общеизвестно, что минеральные удобрения получают на основе фосфорной кислоты путем экстракции P_2O_5 из тонкомолотого фосфорсодержащего сырья сильными кислотами и, в частности серной [1-8]. Затем, на основе смешивания различных минеральных удобрений, получают тукосмеси, с учетом их свойств совместимости и несовместимости. Имеется ряд технологий получения тукосмеси на основе твердых природных и техногенных сырьевых материалов – отходов различных производств: PhD докторские диссертации Бажировой К.Н., Налибаева М.И., Назарбек У.Б., магистрская диссертация Жантасова М.К. и ряд других работ.

Анализ физико-химических свойств фосфогипса показывает, что угол его естественного откоса находится в пределах 33° , насыпная плотность около 1300 кг/м^3 , в зависимости от его зернового состава, т.е. крупности кристаллов. Установлено, что

усредненный химический состав фосфогипса содержит (в %): $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ}}$ - 0,74; $\text{P}_2\text{O}_{5\text{вод}}$ - 0,21; MgO - следы; N_2O - 0,38; Al_2O_3 - 0,087; F - 0,081; нерастворимого остатка (но) - 19,67; Fe_2O_3 - 0,093. В пересчете на сухое вещество фосфогипс в среднем содержит (в %): CaO - 39,8; P_2O_5 - около 1; K - 0,03; Na - 0,1; SO_3 - 36,2; Fe_2O_3 - 0,1; Al_2O_3 - 0,03, которые могут применяться как микроудобрения кроме фтора [9,10].

В работе ряда авторов, в том числе [11,12] применено применение нейтрализованного фосфогипса, последствие которого сохраняется на протяжении 2-х лет.

Известны способы и технологии получения тукосмесей из отходов различных производств, а также комплексного удобрения для сельского хозяйства, содержащего бурый уголь, торф, кальцийсодержащий компонент в виде внепечной пыли - отхода цементного производства, а также фосфоритную муку, поташ и карбамид [13-15].

При применении фосфогипса в качестве составной части тукосмеси необходимо учитывать содержание натрия в почвенно-поглощающем комплексе (ППК). Поэтому, для вытеснения натрия из почвенного покрова необходимо применение стадии гипсования почвы, которая улучшает ее водно-физические и химические свойства закисленных и солонцоватых почв, повышая их плодородие.

Экспериментальная часть

Учитывая вышеприведенное и актуальность проблемы утилизации фосфогипса на ТОО "Казфосфат" отобраны представительные пробы со старого и нового отвалохранилища, для проведения исследований в дополнение к Сообщению 1 рентгенофазового, термографического и спектрального анализов с выявлением его физико-химических свойств и состава.

Съемка производилась на аппарате D8 Advance (Bruker), α -Cu, при напряжении на трубке 40 кВ и токе 40 мА. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний осуществляли с помощью программного обеспечения EVA, а расшифровка проб и поиск фаз - по программе Search/match, с использованием Базы порошковых дифрактометрических данных PDF-2.

К перечню нормативных документов, применяемых при испытаниях минеральных удобрений, можно отнести ИСО 5316 - 77, ИСО 6598 - 85, ИСО 7497 - 84 «Удобрения минеральные. Общие технические условия», О требованиях к минеральным удобрениям (ТР ЕАЭС 039/2016), ГОСТ 4212-76

«Реактивы. Методы приготовления растворов для колориметрического и нефелометрического анализа», ИСО 5316-77, ИСО 6598-85, ИСО 7497-8) «Удобрения минеральные. Методы определения фосфатов», ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий » и др.

Термический анализ изучаемых проб фосфогипса проведен на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter. Нагрев вели со скоростью $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ в атмосфере высокоочищенного аргона, а охлаждение со скоростью $12^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Обработку результатов, полученных с помощью прибора STA 449 F3 Jupiter, проводили посредством программного обеспечения NETZSCH Proteus.

Результаты и их обсуждение

Результаты дифференциально-термического анализа проб фосфогипса на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter показаны на рисунках 1 и 2.

проба №1 - фосфогипс со старого отвалохранилища

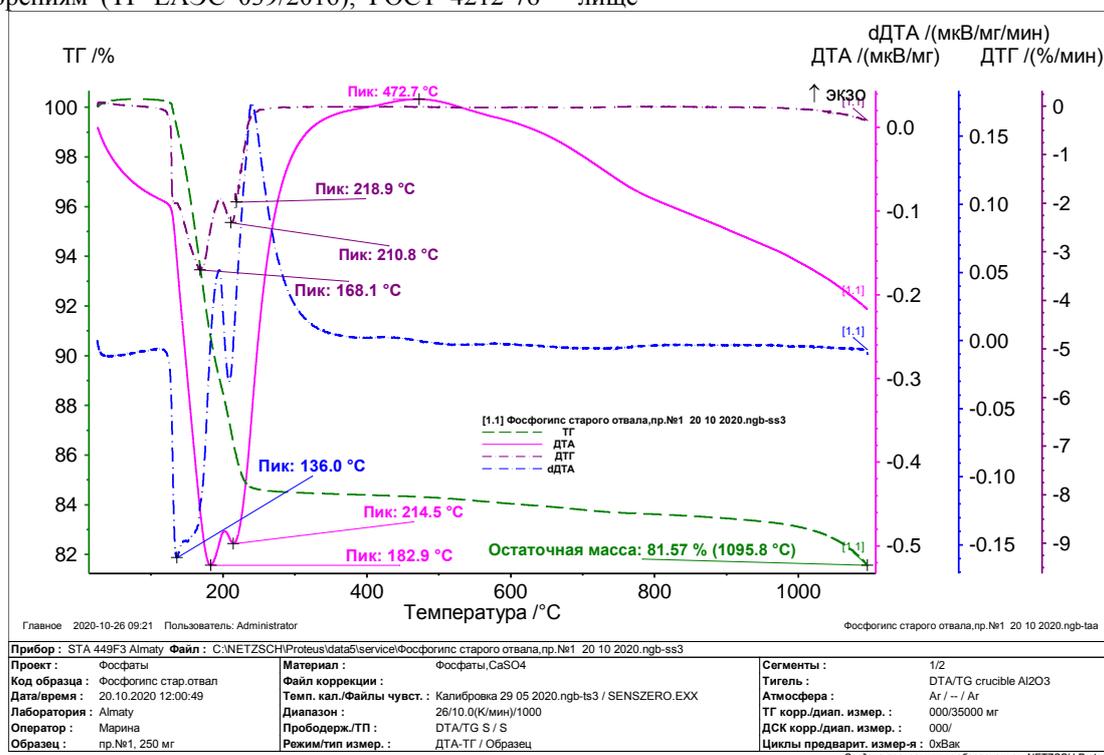


Рисунок 1 - Термический анализ фосфогипса со старого отвалохранилища

Анализ рисунка 1 показывает, что на кривой ДТА четко зафиксированы интенсивные эндотермические эффекты, с максимальным развитием при $182,9^{\circ}\text{C}$ и $214,5^{\circ}\text{C}$. Также отмечается несколько растянутый экзотермический эффект с вершиной при $427,7^{\circ}\text{C}$, который может быть обусловлен химическими реакциями, связанными с переходом исследуемого вещества из одного минерального состояния в другой и, в частности, дигидрата в полугидрат. На кривой dDTA отмечен слабый эндотермический эффект с экстремумом при 136°C . Вышеназванные эндотермические эффекты, указанные на кривой ДТА, сопровождаются уменьше-

нием массы навески, за счет удаления влаги и других летучих веществ. Кривая ТГ в области его развития показывает резкое снижение, что на кривой DTG по этим эффектам зафиксированы минимумы при $168,1^{\circ}\text{C}$ и $210,8^{\circ}\text{C}$. На кривой DTG также проявлен слабый минимум при $218,2^{\circ}\text{C}$. Сочетание эндотермических и экзотермического эффектов на кривой ДТА характерно для образования гипса – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Первый эндотермический эффект при $182,9^{\circ}\text{C}$ отражает его дегидратацию до полугидрата, а второй $214,5^{\circ}\text{C}$ – характеризует полное обезвоживание пробы фосфогипса. Экзотермический эффект при $427,7^{\circ}\text{C}$ является проявлением пере-

стройки решетки и превращения ди- и полугидратного гипса в нерастворимый ангидрит. Слабый минимум при 218,2°C на кривой ДТГ может быть отражением дегидратации оводненного геля $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Кроме этого, в наложение, экзотермический эффект может еще отражать и кристаллизацию этого геля.

На рисунке 2 представлены сведения по фосфогипсу отобранному с нового отвалохранилища

ТОО «Казфосфат», где показаны четко выраженные процессы в температурном интервале, как представлено и на рисунке 1, от 150 до 250°C.

Анализ рисунка 2 показывает, что на кривой ДТА проявлены интенсивные эндотермические эффекты, имеющие максимальные развития при 186,4°C и 216°C. Также отмечается экзотермический эффект с вершиной при 458,2°C.

- проба №2 - фосфогипс с нового отвала

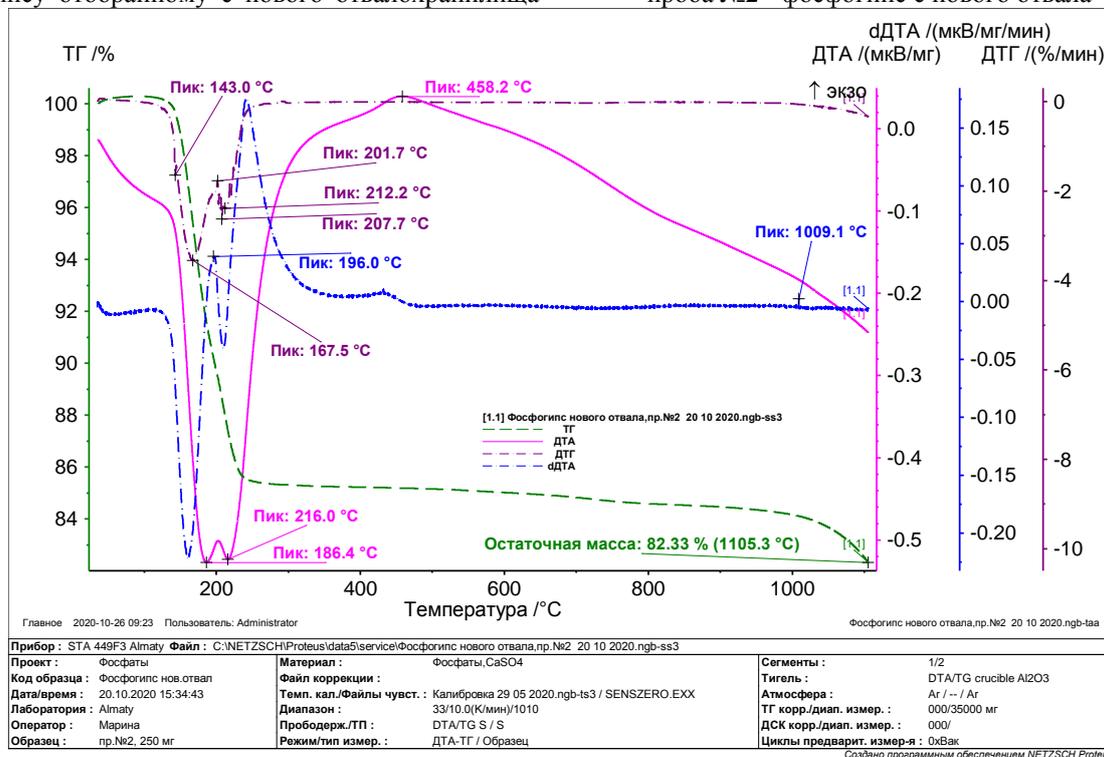


Рисунок 2 - Термический анализ фосфогипса с нового отвалохранилища

На кривой dDTA указаны слабые экзотермические эффекты с пиками при 196°C и 1009,1°C. Эндотермические эффекты, показанные на кривой ДТА, как и на рисунке 1, сопровождаются интенсивным снижением массы навески, что видно из хода кривой ТГ. Анализ кривой ДТГ показывает, что на нем имеются минимумы при 167,5°C и 212,2°C, а также отмечаются дополнительные минимумы при 143°C, 207,7°C, а также слабый максимум при 201,7°C.

Сочетание эндотермических и экзотермического эффектов на кривой ДТА, как указано выше, характерны проявлению гипса – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Анализируя кривую ДТА, можно отметить, что первый эндотермический эффект при 186,4°C характерен дегидратации дигидрата до полугидрата, а второй – 216°C – процессу полного обезвоживания. Следует заметить, что экзотермический эффект при 458,2°C является проявлением перестройки решетки и превращения дигридата гипса в нерастворимый ангидрит.

Сочетание минимума при 143°C на кривой ДТГ и слабого экзотермического эффекта, с пиком при 196°C на кривой dDTA, может быть следствием

проявления примеси $n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$, кремниевой кислоты. Кроме этого при 143°C протекает процесс дегидратации с образованием силикогеля, который при 196°C кристаллизуется. Слабый максимум при 201,7°C на кривой ДТГ может отражать процесс окисления примеси двухвалентного железа. Сочетание минимума при 207,7°C на кривой ДТГ и слабого экзотермического эффекта, с пиком при 1009,1°C на кривой dDTA, может быть отражением наличия небольшого количества фосфата алюминия $\text{Al}_3[\text{PO}_4](\text{OH})_6\text{H}_2\text{O}$. При 207,7°C возможно протекание процесса дегидратации с образованием аморфного вещества, которая при 1009,1°C приводит к кристаллизации аморфной фазы.

Исследование проб фосфогипса на ИК-Фурье, спектрометре «Avatar 370 CsI» спектры получены в спектральном диапазоне 4000–300 cm^{-1} . При изучении фосфогипса со старого отвала, как показано на рисунке 3, установлено, что он содержит в своём составе с ярко выраженными пиками: гипс $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 3548, 3496, 3404, 3244, 1686, 1621, 1145, 1115, 1004, 669, 602 cm^{-1} и кварц SiO_2 – 798, 779, 511, 465, 397, 372 cm^{-1} .

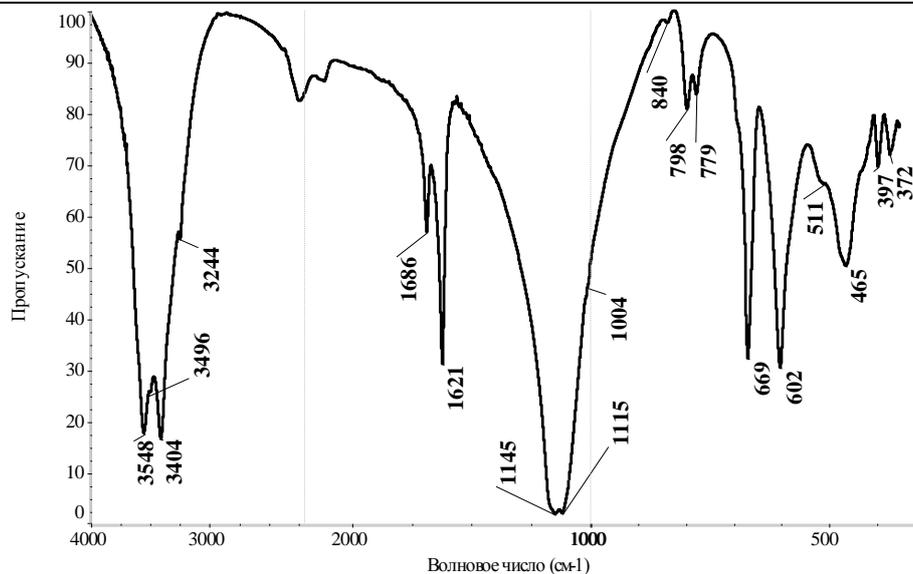


Рисунок 3 - ИКС-анализ фосфогипса со старого отвалохранилища.

ИКС-анализ исследования фосфогипса с нового отвалохранилища фосфогипса, приведенного на рисунке 4, показывает незначительные цифровые отклонения пиков и, что он содержит как и на

рис. 3 гипс $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 3554, 3494, 3409, 3244, 1684, 1621, 1148, 1116, 1005, 669, 602 cm^{-1} и кварц SiO_2 – 798, 779, 511, 469, 398, 374 cm^{-1} .

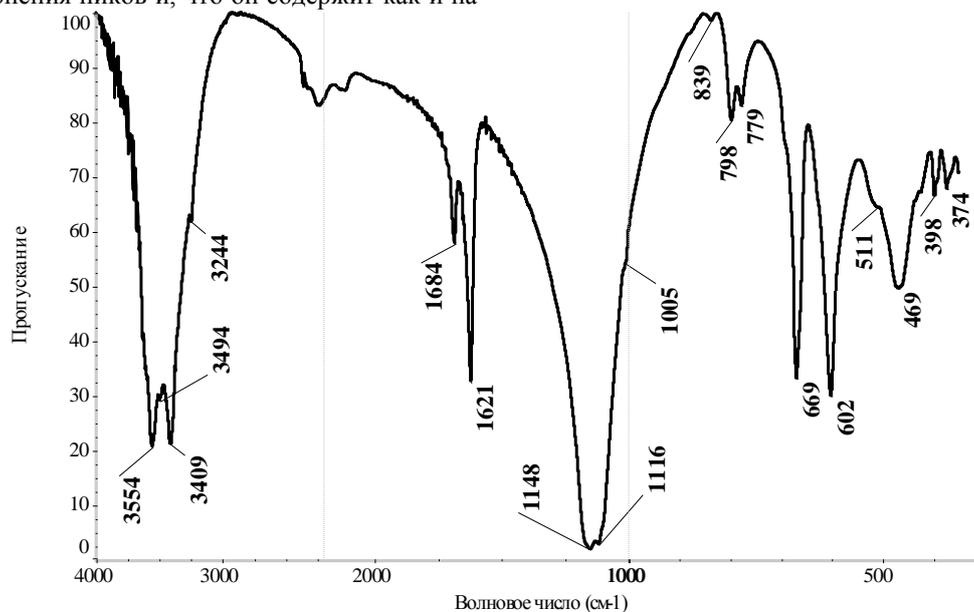


Рисунок 4 - ИКС-анализ фосфогипса с нового отвалохранилища.

Изучение образцов фосфогипса как со старого, так и с нового отвалов изучались под микроскопом марки LEICA DM 2500 P. Перед исследованием сыпучий материал пробы, с целью диагностики минеральных фаз, погружался в иммерсионные среды с известными показателями преломления. Наряду с этим, из материала пробы приготовлены искусственные полированные аншлифы – брикеты для

определения присутствующих в пробах рудных минералов.

На основании полученных данных в Сообщении 1 и данного Сообщения 2, а также работы авторов [13,15], для улучшения свойств почвенного покрова предлагается нижеприведенная разработанная инновационная технология и технологическая схема, показанная на рисунке 5.

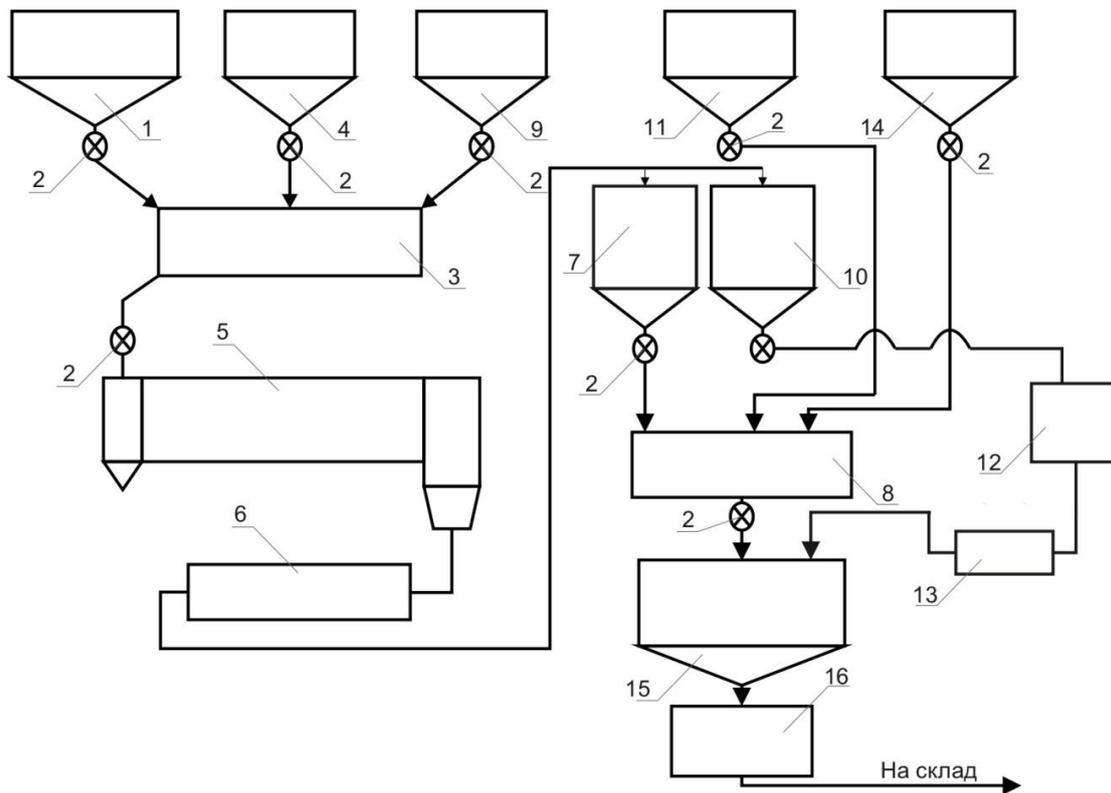


Рисунок 5. Принципиальная схема производства тукосмеси, содержащей фосфогипс
1, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15 бункера; 2 - дозатор-питатель; 3, 13 - смесители; 5 - барабанная печь; 6 - холодильник; 8 - мельница; 16 - фасовочная машина.

В качестве теплоносителя для прокалики фосфорита и вермикулита предлагается применение мелочи бурого угля и природного газа для зажигания угля, находящегося в шихте фосфорита или вермикулита в определенном соотношении.

Для снижения экологической нагрузки и топливно-энергетических затрат на процесс обжига фосфорита и вермикулита, возможно применение пыли циклонов и электрофильтров, образующихся при прокалке фосфорита в температурном интервале 950-1100⁰С или пыль уловленную в циклоне при агломерации фосфоритной мелочи производства фосфора, а также готовой продукции обогащенного и обожженного вермикулита, на основе договорных поставок.

Кроме этого, для улучшения качества рассеивания на посевные площади тукосмеси нового ассортимента, содержащей фосфогипс, предлагается применение в качестве связующего вещества соапстока, отхода щелочной рафинации растительных жиров и масел, а также водного раствора патоки, издержка производства сахара из сахарной свеклы.

По предлагаемой технологии мелочь природного фосфорита класса 0-5мм из бункера поз 1, посредством дозатора-питателя поз 2 подают в смеситель поз 3, куда также поступает из бункера поз 4 определенное количество мелочи бурого угля. Шихту тщательно перемешивают в смесителе поз 3, подают питателем во вращающуюся барабанную печь поз 5, сушат при температуре 150 – 350⁰С и подвергают термической обработке при 850 –

950⁰С. Прокаленный материал направляют в холодильный агрегат поз 6, охлаждают до 40⁰С и транспортируют в сборный бункер прокаленного фосфорита поз 7, смонтированного перед мельницей поз 8.

На следующем этапе процесса природный вермикулит из бункера поз 9 и мелочь угля фракции менее 5мм из бункера поз 4 подают в смеситель поз 3. Шихтовую смесь тщательно перемешивают и подают в барабанную вращающуюся печь поз 5, где подвергают сушке и прокалке при температуре до 950⁰С, охлаждают до 40⁰С в холодильнике поз 6 и транспортируют в отдельный бункер прокаленного вермикулита поз 10.

После прокалики фосфорит из бункера поз 7 и мелочь внутренних вскрышных пород класса менее 5мм из бункера поз 11, подают в центробежную эллиптическую шаровую мельницу барабанного типа и измельчают до фракции менее 0,1мм. Измельченный материал подают в промежуточный бункер поз 12, из которого в определенном количестве подают в смеситель поз 13, куда транспортируют определенное количество фосфогипса из бункера поз 14, а также прокаленный вермикулит из бункера поз 10. Тщательно перемешанный в смесителе шихтовый материал тукосмеси транспортируют в бункер измельченного продукта поз 15, а затем подают в тарно-фасовочную машину поз 16. Затаренную в мешки тукосмесь складывают в складском помещении и отправляют потребителям.

Проведен расчет и определен материальный баланс процесса производства нового ассортимента

сложно-смешанного минерального удобрения - тукоsmеси, содержащего фосфогипс, который представлен ниже в таблице.

№ п/п	Приход			№ п/п	Расход		
	Наименование	кг	%		Наименование	кг	%
1	Фосфоритная мелочь или мелочь возврата процесса агломерации фосфорного производства или процесса термopодготовки фосфорита	670	67,0	1	Сложно-смешанное минеральное удобрение-тукоsmесь пролонгированного действия	990	99,0
2	Вермикулит	115	11,5	2	Механические потери	10	1,0
3	Внутренние вскрышные породы бурых углей	100	10,0	3			
4	Фосфогипс	65	6,5	4			
5	Бурый уголь	50	5,0				
	Итого	1000	100		Итого	1000	100

Заключение

В результате исследований выявлено, что по составу и физико-химическим свойствам фосфогипс старого и нового отвалохранилищ ТОО "Казфосфат" особых отличий по содержанию основных компонентов не имеют. Разработанная технологическая схема и приведенный материальный баланс получения нового ассортимента тукоsmеси позволяет получить сложно-смешанное удобрение пролонгированного действия, который содержит в своем составе фосфатное вещество, вермикулит, как влагоудерживающий компонент, внутренние вскрышные породы с микроэлементами и фосфогипс, как нейтрализатор почвенного покрова для снижения закисленности и засоленности посевных угодий.

Производство тукоsmеси новой номенклатуры вполне может быть осуществлено в промышленном масштабе мощностью 20-25 тысяч тонн в год на территориях близлежащих территорий агрокомплексов по выращиванию сельхозпродукции овощей и соебобовых культур в теплицах и на открытых посевных площадях, в радиусе 50-150 км, с экономической и экологической точек зрения «минизавод- АПК».

Выводы

1. Выявлено что, усредненный химический состав фосфогипса содержит (в %): $P_2O_{5\text{общ}}$ - 0,74; $P_2O_{5\text{вод}}$ - 0,21; MgO - следы; N_2O - 0,38; Al_2O_3 - 0,087; F- 0,081; нерастворимого остатка (н.о.) - 19,67; Fe_2O_3 - 0,093.

2. На современных приборах физико-химических методов анализа последнего поколения проведены исследования физико-химических характеристик и свойств фосфогипса как со старого, так и с нового отвалохранилища. Определено, что существенных различий в химических и минералогических составах исходных проб не имеется.

Рентгенофазовым анализом фосфогипса установлено, что в старом и новом отвалохранилище содержится: гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ -

87,93% и 85,04%; кварца SiO_2 - 9,10% и 10,58%; базанита $CaSO_4 \cdot 0.67H_2O$ - 2,97% и 4,38% соответственно.

3. Дифференциально-термические исследования, проведенные на дериватографе синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter показали на наличие незначительных расхождений температурных пиков между пробами анализируемых фосфогипсов со старого и нового отвалохранилища. Это подтверждено спектральным анализом на ИК-Фурье спектрометре «Avatar 370 CsI» в спектральном диапазоне 4000-300 cm^{-1} .

4. Разработана технологическая схема и инновационная технология получения нового ассортимента тукоsmеси – сложно-смешанного удобрения пролонгированного действия, содержащего в своем составе фосфатное вещество, вермикулит, как влагоудерживающий компонент, внутренние вскрышные породы с микроэлементами и фосфогипс, как нейтрализатор почвенного покрова для снижения закисленности и засоленности посевных угодий. Приведен материальный баланс производства тукоsmеси нового ассортимента.

Список литературы

1. Б.А. Копылев. Технология экстракционной фосфорной кислоты, Л. Химия, 1981, 234 с
2. Позин М.Е. и др. Технология минеральных солей, часть 2. Л. Химия, 1974, 1586с.
3. Химическая технология неорганических веществ. В 2кн., кН.1. Уч. Пособие/ Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфиев, Л.Г. Гайсин и др.; под ред. Т.Г. Ахметова, - М. Высш. шк., 2002. 688 с
4. Соколовский А.А. и Яшке Е.В. Технология минеральных удобрений и кислот. М. Химия. 1971. 456 с.
5. Переработка фосфоритов Каратау / Под ред. Позина М.Е., Копылева Б.А., Беглова В.Н., Ершова В.А. Л. Химия, 1975, 272с
6. Справочник агрохимика. М. Россельхозиздат 1980. 286с

7. Смирнов П.М., Муравин Э.А. Агрохимия. - М.: Колос, 1981.-319с.
8. Современные технологии переработки минерального сырья. К.Т. Жантасов, М.З. Искандиров, К.Д. Айбалаева и др. Шымкент. изд. Элем. 2015,
9. Шеуджен А. Х., Бондарева Т.Н. Использование фосфогипса нейтрализованного на посевах риса в качестве поликомпонентного удобрения. Сообщение II [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ, 2015. – № 09(113). – URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/65>.
10. Белюченко И.С Патент РФ № 2423812,. и др. Способ улучшения агрофизических свойств почвы А01В7 9/02, 2011
11. Иваницкий В.В., А.А. Новиков, С.Д. Эвенчик Фосфогипс и его использование. 1990 г. - 224.
12. Ахмедов М.А., Атакузаев Т.А Фосфогипс. Исследование и применение. Ташкент, Изд-во "Фан" УзССР, 1980.
13. Бажирова К.Н. Разработка энергосберегающей технологии производства механоактивированных комплексных минеральных удобрений пролонгированного действия. - Шымкент. 2015. 155с.
14. Yang R., Su Y., Wang T., Yang Q. Effect of chemical and organic fertilization on soil carbon and nitrogen accumulation in a newly cultivated farmland // Jour. of Integrative Agriculture. -2016. -№15(3). -P. 658-666.
15. Tanirbergenov S, Saparov A, Suleymenov B Methods of increasing productivity and environmental sustainability of cotton on irrigated light gray soils of the South Kazakhstan region // International Congress on "Soil Science in International Year of Soils". Sochi, Russia, 2015. -P. 405-408.

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ФОСФОГИПСА - ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Жантасов К.Т.

академик РАН, д.т.н., профессор, заведующий научно-исследовательской лаборатории «Неорганические соли, стимуляторы роста и защиты растений» НАО ЮКУ им. М. Ауэзова
<https://orcid.org/0000-0001-6867-1204>;

Зият А.Ж.

преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело» НАО ЮКУ им. М. Ауэзова

Лавров Б.А.

д.т.н., профессор, Санкт-Петербургский технологический институт (ТУ), РФ

Жантасов М.К.

зав кафедрой «Нефтегазовое дело» к.т.н., ассоциированный профессор НАО ЮКУ им. М. Ауэзова

Жантасов М.К.

инженер – технолог крестьянского хозяйства «Жантас»

MINERALOGICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF PHOSPHOGYPSE - WASTE OF PRODUCTION OF EXTRACTIVE PHOSPHORIC ACID

Zhantasov K.

NAO "YUKU them. M. Auezov "Shymkent, Republic of Kazakhstan

Ziyat A.

NAO "YUKU them. M. Auezov "Shymkent, Republic of Kazakhstan

Lavrov B.

Saint Petersburg State Technical Institute (Technical University), Saint Petersburg, RF

Zhantasov M.

Peasant farm "Zhantas"

Zhantasov M.

NAO "YUKU them. M. Auezov "Shymkent, Republic of Kazakhstan

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-24-29](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-24-29)

Аннотация

На основании проведенного анализ литературных источников по отходам производств фосфорной промышленности приведены результаты исследований химического и минералогического состава фосфогипса современными методами и приборами физико-химического анализа.

Микроскопическим, рентгенофазовым методами анализа определено различие по всем компонентам в фосфогипсе как со старого так и с нового отвалохранилищ на 1,5-3%, что объясняется авторами измельчениями в результате более 40 летнего хранения. Выявлена идентичность фосфогипса со старого и нового отвалохранилищ ТОО «Казфосфат» Республики Казахстан по составу: Са - 17,55% и 19,42%; К - 0,13% и 0,14%; Р - 0,35% и 0,30%; Р₂О₅ - 0,80% и 0,69%, а также минералогическому составу гипса, дигидрата (СаSO₄ · 2Н₂О) - 87,93% и 85,04%; кварца (SiO₂) - 9,10% и 10,58% и бассанита (СаSO₄ · 0.67Н₂О) - 2,97% и 4,38%, соответственно. Съемку дифрактограмм производили на аппарате D8 Advance (Bruker), α-Cu, с

обработкой полученных данных дифрактограмм и расчетом межплоскостных расстояний с помощью программного обеспечения EVA. Расшифровку проб и поиск фаз осуществляли по программе Search/match, с использованием Базы порошковых дифрактометрических данных PDF-2.

Под микроскопом установлено, что проба более чем на 85–90% состоит из гипса минерала моноклинной сингонии в виде бесцветных ромбических кристаллов, кварца и, возможного присутствия бассанита - полугидрата, установленного рентгенофазовым анализом.

Abstract

Based on the analysis of literature sources on waste products of the phosphorus industry, the results of studies of the chemical and mineralogical composition of phosphogypsum using modern methods and devices of physicochemical analysis are given. Microscopic, X-ray diffraction methods of analysis determined the difference in all components in phosphogypsum from both the old and the new dumps by 1.5-3%, which is explained by the authors of grinding as a result of more than 40 years of storage. Revealed the identity of phosphogypsum from the old and new dumps of LLP "Kazphosphate" of the Republic of Kazakhstan in composition: Ca - 17.55% and 19.42%; K - 0.13% and 0.14%; P - 0.35% and 0.30%; P₂O₅ - 0.80% and 0.69%, as well as the mineralogical composition of gypsum, dihydrate (CaSO₄ · 2H₂O) - 87.93% and 85.04%; quartz (SiO₂) - 9.10% and 10.58% and bassanite (CaSO₄ · 0.67H₂O) - 2.97% and 4.38%, respectively. Diffraction patterns were recorded on a D8 Advance apparatus (Bruker), α -Cu, with the processing of the obtained diffractogram data and the calculation of interplanar distances using the EVA software. Sample decoding and phase search were performed using the Search / match program using the PDF-2 Powder Diffractometric Data Base. Under a microscope, it was found that the sample consisted of more than 85–90% of gypsum, a mineral of the monoclinic system in the form of colorless rhombic crystals, quartz, and the possible presence of bassanite, a hemihydrate, established by X-ray phase analysis.

Ключевые слова: отходы, фосфогипс, химический и минералогический состав, микроскопия, рентгенография, тукосмесь, массовая доля

Keywords: waste, phosphogypsum, chemical and mineralogical composition, microscopy, radiography, fertilizer mixture, mass fraction.

Введение

К предприятиям, которые работают на природных сырьевых ресурсах и ежедневно выбрасывают твердые, жидкие и газообразные отходы, в основном относятся горнорудные, химические, металлургические и угледобывающие производства, теплоэнергетические центры (ТЭЦ), которые нарушают экологическое равновесие не только одного государства, но и трансграничных стран.

Отходы предприятий, наносящие невосполнимый ущерб окружающей среде, могут служить хорошим сырьем для производства минеральных удобрений и тукосмесей, за счет содержания макро- и микроэлементов. Поэтому разработка и внедрение в производственный цикл новых научных и технических подходов комплексной переработки природного сырья и утилизации техногенных вторичных ресурсов, для решения современных экономических, экологических и социальных проблем промышленных регионов является актуальной задачей.

На территории СНГ и Республики Казахстан в отвалах и отвалохранилищах накоплено более 80 млрд. т. твердых отходов, в том числе более 1,6 млрд. т. токсичных и канцерогенных веществ [1]. К таким отходам можно отнести фосфорный шлак и электротермофосфорный шлак, образующиеся при переработке фосфоритов на желтый фосфор электротермическим способом, а также фосфогипс, который является издержками производства экстракционной фосфорной кислоты химическим методом переработки фосфоритов и апатитов.

Накопленные в отвалах предприятий запасы фосфогипса, по оценкам экспертов составляют около 140 млн. т., при ежегодном увеличении на 14 млн. т. На сегодня проблема переработки фосфо-

гипса не только в Казахстане, но и в мире полностью не решена. Степень переработки фосфогипса, образующегося при извлечении пента оксида фосфора из тонко измельченного фосфорита серной кислотой в бывшем СССР составляет иногда до 4 % в год, в то время как в Германии, Бельгии и Японии около 100 % [2].

Главной проблемой, которая тормозит развитие переработки фосфогипса в Казахстане, с нашей точки зрения, является недостаточная разработанность методологии получения экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) из-за изменений физико-химических характеристик перерабатываемого природного фосфорсодержащего сырья фосфоритоносного бассейна Каратау и утилизации на целевой продукт.

Современный агропромышленный комплекс, по ряду объективных и субъективных причин не в достаточной мере использует минеральные удобрения в течение последних лет. Это повлекло за собой истощение земельных угодий фермерских хозяйств среднего и малого бизнеса, а также индивидуального частного сектора, повышение засоленности и кислотности почвенного покрова, снижение качества продукции сельскохозяйственных культур и их количественного съема.

На 1 т ЭФК, получаемой из тонко молотых фосфоритов Каратау с использованием серной кислоты, образуется около 6 т промытого фосфогипса, удельная поверхность которого колеблется от 0,15 до 0,24 мм², при влажности около 40 %. [3-6].

За период эксплуатации завода по производству экстракционной кислоты и минеральных удобрений в Республике Казахстан с середины 1960 годов, в отвалохранилище накопились десятки миллионов тонн фосфогипса. Это требует разработки эффективного способа утилизации данного вида

отхода. На сегодняшний день основным способом утилизации фосфогипса является складирование его в отвалохранилищах. Это оказывает негативное влияние на окружающую среду из-за пыления и повышения степени загазованности атмосферного воздуха в жаркую погоду парогазовой смеси, а также вымывания осадками из фосфогипса вредных веществ, которые загрязняют подземные и поверхностные воды, почвенно-растительный покров.

Помимо загрязнения окружающей среды фосфогипс наносит большой экономический ущерб, поскольку до 10 % себестоимости фосфорной кислоты приходится на затраты по его транспортировке и хранению, занимая значительные площади земель, остро необходимые сельскому хозяйственному сектору экономики [6-8].

Экспериментальная часть

Для проведения исследований и изучения химического, минералогического, рентгенофазового

анализа свойств и состава фосфогипса были отобраны представительные пробы со старого и нового отвалохранилища ТОО "Казфосфат". Данные элементного анализа химического состава на основе нормативно-технические документации проводили при температуре 22°C и относительной влажности окружающей среды 64%. Съемку дифрактограмм производили на аппарате D8 Advance (Bruker), α -Cu. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний осуществляли с помощью программного обеспечения EVA, с расшифровкой проб и поиск фаз по программе Search/match с использованием Базы порошковых дифрактометрических данных PDF-2.

Результаты и их обсуждение

Визуальным осмотром показал, что внешне фосфогипс с нового отвала ТОО «Казфосфат» аналогичен фосфогипсу старого отвала, и они являются светло-серыми порошками (рис.1).

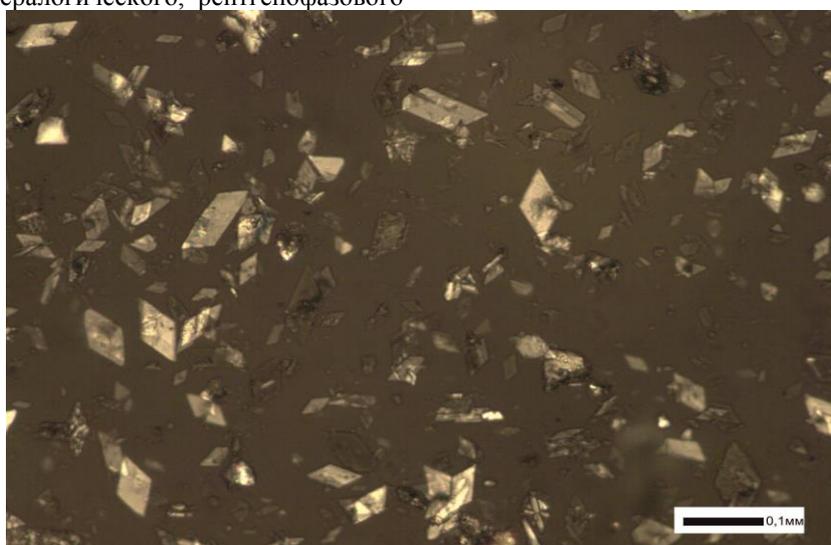


Рисунок 1 - Гипс в фосфогипсе, увел. 100, ник+.

Результаты элементного анализа фосфогипса как со старого, так и с нового отвалохранилища

ТОО "Казфосфат", проведены в соответствии с существующими нормативно-техническими документациями и представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав фосфогипса со старого отвалохранилища

№ п/п	Наименование определяемых характеристик, единицы измерений	Фактические* значения по результатам испытаний	НД на методы испытаний
1	Массовая доля бора, %	0,009	-
2	Массовая доля калия, %	0,13	ГОСТ 5382-91
3	Массовая доля кальция, %	17,55	ГОСТ 4013-82
4	Массовая доля магния, %	0,028	ГОСТ 5382-91
5	Массовая доля марганца, %	0,0029	ГОСТ 5382-91
6	Массовая доля мышьяка, %	0,0025	ГОСТ 23581.9-79
7	Массовая доля фосфора, %	0,35	ГОСТ 5382-91
8	Массовая доля фтора, %	0,5	ГОСТ 5382-91
9	Массовая доля оксида фосфора, %	0,80	ГОСТ 5382-91
10	Массовая доля оксида калия, %	1,79	ГОСТ 5382-91

Таблица 2

Химический состав фосфогипса с нового отвалохранилища

№ п/п	Наименование определяемых характеристик, единицы измерений	Фактические* значения по результатам испытаний	НД на методы испытаний
1	Массовая доля бора, %	0,008	-
2	Массовая доля калия, %	0,14	ГОСТ 5382-91
3	Массовая доля кальция, %	19,42	ГОСТ 4013-82
4	Массовая доля магния, %	0,036	ГОСТ 5382-91
5	Массовая доля марганца, %	0,003	ГОСТ 5382-91
6	Массовая доля мышьяка, %	0,004	ГОСТ 23581.9-79
7	Массовая доля фосфора, %	0,30	ГОСТ 5382-91
8	Массовая доля фтора, %	0,60	ГОСТ 5382-91
9	Массовая доля оксида фосфора, %	0,69	ГОСТ 5382-91
10	Массовая доля оксида калия, %	0,61	ГОСТ 5382-91

Анализ таблиц 1 и 2 показывает, что значительных различий почти по всем компонентам кроме бора и оксида калия не наблюдается.

Под микроскопом в иммерсионной среде установлено, что проба фосфогипса со старого отвала более чем на 85–90% состоит из гипса, минерала моноклинной сингонии с показателями преломления $n_g = 1.529$, $n_r = 1.520$. Проба характеризуется бесцветными ромбическими кристаллами. В небольшом количестве отмечается наличие кварца и возможно бассанита, полугидрата установленного рентгенофазовым методом анализа. В шлифе, в знаковых значениях, присутствуют медьсодержащие минералы, такие как медь металлическая, халькозин, борнит и пирит.

Фосфогипс с нового отвала, как указано выше, внешне светло-серый порошок пробы аналогичный фосфогипсу со старого отвала. Под микроскопом установлено, что его состав совершенно идентичен и соответствует данным, определенным рентгенофазовым анализом. Рудная часть пробы также аналогична пробе фосфогипса со старого отвала. Рудные минералы представлены пиритом, медью металлической, халькозином, борнитом и халькопиритом.

Данные полученные, в ходе минералогических и рентгенофазовых исследований фосфогипса со старого и нового отвалохранилищ, представлены в таблицах 3 и 4, а также на рисунках 2 и 3.

Таблица 3

Минералогический состав фосфогипса со старого отвалохранилища

Проба	Наименование компонента	Химическая формула	Содержание, %
PDF 36-0432	Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	87,93
PDF 79-1906	Кварц	SiO_2	9,10
PDF 00-047-0964	Бассанит	$\text{CaSO}_4 \cdot 0.67\text{H}_2\text{O}$	2,97

Таблица 4

Минералогический состав фосфогипса с нового отвалохранилища

Проба	Наименование компонента	Химическая формула	Содержание, %
PDF 36-0432	Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	85,04
PDF 79-1906	Кварц	SiO_2	10,58
PDF 00-047-0964	Бассанит	$\text{CaSO}_4 \cdot 0.67\text{H}_2\text{O}$	4,38

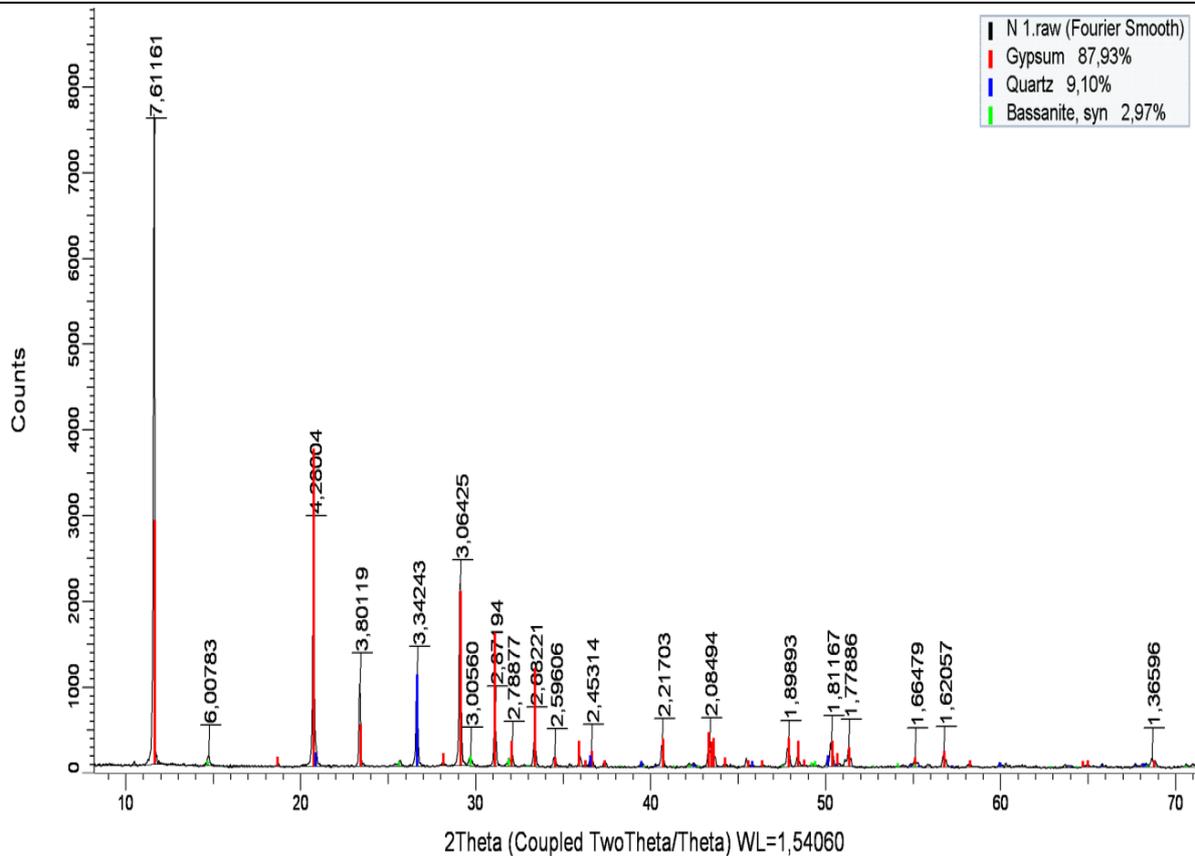


Рисунок 2 - Рентгенофазовый анализ фосфогипса старого отвалохранилища

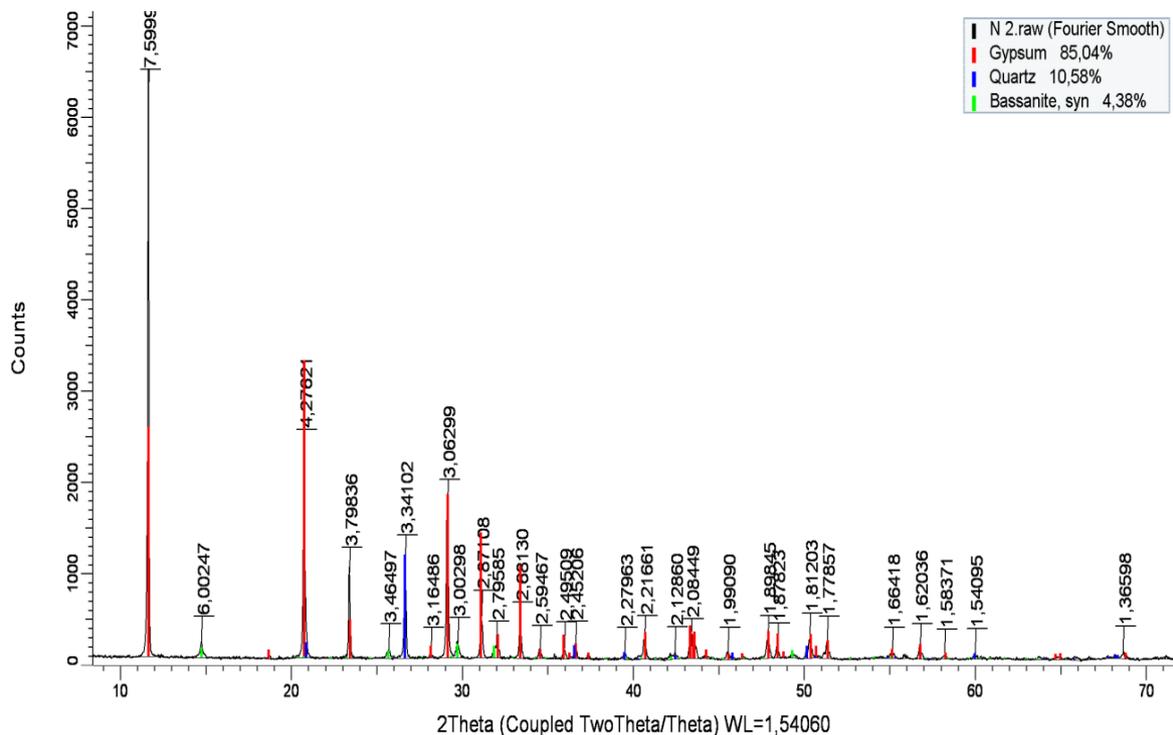


Рисунок 3 - Рентгенофазовый анализ фосфогипса с нового отвалохранилища

Анализ литературных источников позволил выявить ряд направлений, по которым можно использовать много миллионные тонны фосфогипса. Их можно применять в качестве наполнителя в бумажном производстве, при получении цементов, как регулятора сроков схватывания сульфоминеральных цементов, в виде заменителей природных ресурсов при

строительстве автомобильных дорог и т.д. [4-9]. Следует отметить тот факт, что не имеется сведений по применению их в промышленных масштабах. Поэтому, одним из направлений исследований является получение тукосмеси из твердых отходов различных предприятий экономики.

Заключение

Анализ полученных результатов, приведенных в таблицах 3 и 4 показывает незначительное различие по всем компонентам на 1,5-3%. Это может быть объяснено процессом измельчения, прошедшего в объеме исследуемых проб фосфогипса со старого отвалохранилища в результате более 40 летнего периода хранения.

Выводы

1. Накопленные запасы фосфогипса в отвалах предприятий по оценкам экспертов составляют около 140 млн. т., при ежегодном увеличении на 14 млн.т.

2. Выявлено что, на 1 т экстракционной фосфорной кислоты, получаемой из фосфоритов бассейна Каратау с использованием серной кислоты, образуется около 6 т промытого фосфогипса, удельная поверхность которого колеблется от 0,15 до 0,24 мм² и с влажностью около 40 %.

3. На современных приборах физико-химических методов анализа последнего поколения проведены исследования физико-химических характеристик и свойств фосфогипса как со старого, так и с нового отвалохранилища. Определено, что существенных различий в химических и минералогических составах не имеется.

4. Рентгенофазовым анализом фосфогипса установлено, что в старом и новом отвалохранилище содержится: гипса CaSO₄ · 2H₂O - 87,93% и 85,04%; кварца SiO₂ - 9,10% и 10,58%; бассанита CaSO₄ · 0,67H₂O - 2,97% и 4,38% соответственно.

5. Отходы различных предприятий наносят невосполнимый ущерб не только окружающей

среде, но в то же время могут служить хорошим сырьем для производства минеральных удобрений и тукосмесей, содержащих макро- и микроэлементы.

Список литературы

1. Ильин А.П. Современные проблемы химической технологии неорганических веществ. Иван. гос. хим. технол. ун-т. – Иваново, 2011. - 133 с.

2. Под ред. проф. К.Т. Жантасова - Технологическое оснащение производства желтого фосфора / Под ред. проф. К.Т. Жантасова - Шымкент, 2013.- 437 с.

3. Vanden Nest T., Ruyschaert G., Vandecasteele B., Cougnon M., Merckx R., Reheul D. P availability and P leaching after reducing the mineral P fertilization and the use of digestate products as new organic fertilizers in a 4-year field trial with high P status // Agriculture, Ecosystems & Environment. -2015. -№202. - P. 56-67.

4. М.А. Ахмедов, Т.А. Атакузиев Фосфогипс. Исследование и применение. Ташкент. Изд. Фан. Уз. ССР. 1980

5. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. -М.: Транспорт, 2013. - Ч 1, Ч2. – 368 с.

6. Б.В. Левин, В.В. Талалай, С.А. Коротковский, А.В. Шибанов Дорожные инновации с применением фосфогипса полуhydrата. Мир дорог,

7. Фосфогипс и его использование. В. В. Иванникий, П. В. Классен, А. А. Новиков, С. Н. Стонис, С. Д. Эвенчик, М. Е. Яковлева 1990 г. — 224 стр.

8. Мещеряков Ю.Г., Федоров С.В. Проблемы промышленной переработки фосфогипса в РФ, Состояние и перспективы. // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 6-2. – С. 273-276

9. Строительство автомобильных дорог /Под ред. Проф. В.В. Ушакова и доц. В.М. Ольховикова –М.- Кнорус, - 2020 – 572 с

RADIATION SAFETY STATUS IN THE HOUSING ESTATE PEREMOHA -2 IN DNIPRO CITY

*Pylypenko O.,
Karasiy O.,
Rybalka K.,
Kreknin K.*

*Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture
DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-29-34](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-29-34)*

Abstract

In Ukraine, the regulatory documentation on rules for radiation safety of product quality in construction operations, is carried out on the base of modern concept of human radiation safety and ICRP recommendations (International Commission on Radiological Protection). The concept developed by Commission on Radiological Protection serves as the basis for simple human radiation safety from each type of anthropogenic source of ionizing radiation. In accordance with ICRP recommendations, the basic requirements for aspects of the anthropogenic environment that affect the formation of the total dose to the population of the city Dnipro, have been determined.

Keywords: radiation safety, radiation-hygienic parameters, premises of houses, housing facilities, gamma radiation, ionizing radiation sources.

The radiation safety status of the housing estate Peremoha -2 in the city of Dnipro is considered, namely: housing facilities consisting of one-, two- and three-room flats and private one-, two- and three-storey buildings, as the major source of radiation exposure on the person spending his/her free time in their premises,

as well as office administrative, entertaining and shopping capacities that also affect a person during the work or leisure.

The measurement procedure is presented, the optimal algorithm for practical and field measurements is determined, the data are analyzed and comparative

analysis is made with the statistics of previous years of research, the discrepancy of the current and obtained values of hygienic and radiation regulations, according to the type of enclosure structures, constructional materials or materials of which the building was built.

The measurements of the actual values of the PPD and EROA are taken by the staff members of the Health and Safety Department of Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture (PSACEA) in the housing estate Peremoha -2 in Dnipro in accordance with the tracking plan every year from 2004 to 2019 in autumn, winter, spring and summer.

1. Introduction

After the presentation of Publication No. 103 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP), it was clearly defined the calculation procedure of the effect of small doses of radiation on a person living in the city (in the anthropogenic environment). That is why the task was set to conduct a multi-method research of the state of radiation hazard in the housing estate Peremoha 1-6, to determine the actual values of radiation-hygienic parameters that form the total radiation dose for category B, for one of the numerous dormitory areas on the right bank of Dnipro city.

In the article is given only a part of the measurements determining the authors' intentions to determine the total dose of radiation in residential, administrative and office premises in the housing estate Peremoha-2 in Dnipro for more than 20-years' observation time.

2. The analysis of literature references and target setting

To make the measurements public, we took separate residential, administrative, and office premises in the housing estate Peremoha-2, which is located on the right bank of Dnipro. The functioning of the radiation safety system for the population is based on two main regulatory documents in force on the territory of our state, namely: the Law of Ukraine "On the protection of humans from ionizing radiation" and the Law of Ukraine "On Ensuring Sanitary and Epidemic Welfare of the Population" [1, 2].

The research was carried out in accordance with [3, 4] normative documents ensure the radiation safety of Ukraine, both from the point of view of research design and from the point of view of the sanitary welfare of the population of Ukraine. The above mentioned documents [1-4], developed in Ukraine, were developed and adapted in accordance with the requirements of recommendations [5] of an international organization collecting the information and statistics around the world. And after the publication of the document [6], some provisions of the national norms and rules on protection of the population from influence of sources of ionizing radiation and formation of annual dose of radiation from natural and technological sources of ionizing radiation were changed and corrected. The radiation-hygienic parameters that form the dose of human exposure, the basic principles of action and reaction, dose limits, dividing people into categories according to the influence of ionizing radiation sources and the values of permissible and control radiation dose levels for personnel and the public, are defined in the documents [7, 8].

In the works [9, 10] the main aspects of the formation of the time-integrated radiation dosage of the population were considered, depending on the type of building, materials from which the building was built, the floors, the presence of a basement, a base, a mansard, a roof or a technical floor. As a result, a set of measures was proposed and a methodology was developed aimed at minimizing the penetration of natural radionuclides from the fencing structures inside the premises of residential, office and administrative buildings.

International experience [11, 12] was also engaged in the expertise of the impact of ionizing radiation sources on humans and the formation of a specific human radiation dose of natural radionuclides in building structures [13], depending on the technology of obtaining from the particular building structure, building material, product or building construction from which then the residential units and other commercial real estate are being built.

3. The purpose and objectives of the study

The main purpose of the work is to substantiate the scientific objectives for ensuring the radiation quality of buildings and structures of the housing estate Peremoha -2 on the basis of studies of the real background radiation level of apartment blocks in operation.

In order to achieve this goal, the article has set several tasks, namely:

- to identify new objects for field measurements;
- to select buildings of different number of floors, with different space planning decisions and materials of external enclosing structures;
- to determine the research methodology;
- to calculate the average values of the regulated radiation parameters for determining the external and internal components of the time-integrated radiation dosage of a person in a separate room of an office or apartment.

4. Measurements

According to the measurement plan for 2018-2019, from May 1, 2018 to December 10, 2019, we performed close to 30-40 measurements of the radiation parameters of the PPD and EROA at the of the housing stock facilities in the housing estate Peremoha -2, and presented three different projects for greater contrast, namely:

1. 12-storey prefabricated flat block faced with the "Kabanchik"-type ceramic tile (Fig. 1);
2. 9- storey prefabricated flat block with administrative offices (Fig. 2)
3. 2-storey commercial premises (nightclub) made of silicate bricks facade finish with "Alukobond" tiles (Fig. 3).

In the 1st object of research - a 12-storey prefabricated flat block on Naberezhna Peremoha Street, 68, the measurements were conducted jointly with the representatives of the State Sanitary and Epidemiological Service of Dnipro on the first, fourth and tenth floors (Fig. 1).



Fig. 1. The 12-stores prefabricated flat block on Naberezhna Peremoha Street, 68

For the 2nd object - 9- storey prefabricated flat block on Naberezhna Peremoha Street, 78 the measurements were conducted jointly with the representatives of the State Sanitary and Epidemiological Service of

Dnipro on the first and sixth floors. Where the children's medical center and a private three-room apartment are located (Fig. 2).

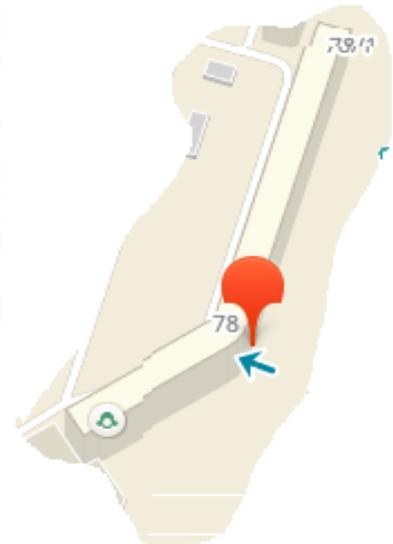


Fig. 2. The 9- stores prefabricated flat block on Naberezhna Peremoha Street, 78

The radiation parameters were also measured on the third separately located object, on the first and sec-

ond floors of the SFERA nightclub, at b.82, Naberezhna Peremoha Street, with the enclosure structures of silicate bricks (Fig. 3).



Fig. 3.

The 2-stores commercial premises (nightclub) made of silicate bricks on Naberezhna Peremoha Street, 82

As a result of researches and measurements of radiation and hygienic parameters of PPD and EROA at three selected building projects in houses with different volume-planning decisions and made of different building constructions and materials, the current results of

measurements of radiation parameters were determined in the housing estate Peremoha-2 and are shown in general (Table 1 and Fig. 4).

Table 1.

The results of measurements in the housing estate Peremoha-2

№ з/п	Object Name	Construction Material	Floor on which measurements are made	Results of Measurements				
				PPD, microGr/h		Fluence β - particles part/min·cm ²		EROA Bq/m ³
				min	max	min	max	
1.	Residential Unit	reinforced concrete structures	1/12	0,06	0,14	0,021	0,024	33,4
2.	Residential Unit	reinforced concrete structures	1/9	0,16	0,20	0,023	0,025	37,1
3	Commercial Premises	silicate brick	2/2	0,06	0,14	0,018	0,021	30,0



Fig. 4. The locations of objects on plan of the housing estate Peremoha-2

The radiation background in the premises of buildings (EROA & PPD) in operation, which is created by the sources of ionizing radiation of construction production can be reduced only through technical protective measures. They are based on safety shields. The principle of construction of protection equipment is

based on knowledge of the physical properties of ionizing radiation sources, the use of which allows to reduce the regulated radiation parameters in the room. The protective measures of the technical group are presented in Fig. 5.

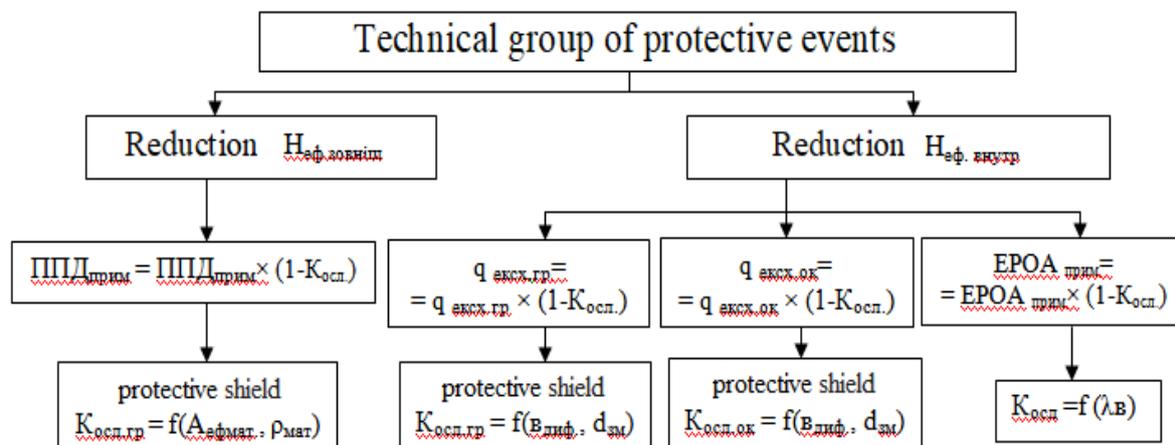


Fig. 5. Protective measures of the technical group to reduce regulated radiation parameters in the room

For buildings and structures in operation, there are the following effective radon radiation protection measures that reduce its level by 10-15 times:

- the floor ventilation and ventilation in walls;
- the air ventilation in basements and premises;
- the wall finishing with plastic materials, such as polyamides, polychlorvinyl chloride, polyethylene,

modern artificial-coated wall-paper, a layer of epoxy-based paint or three layers of oil paint;

- the constant ventilation not only of living quarters, but also of bathrooms and wet-room bathrooms and kitchens, that use the gas heating.

The characteristics of some materials are shown in Table 2.

Table 2.

Characteristics of materials that determine the reduction factor of the protective shield

Material of construction of protection shields	Thickness d, mm	Coefficient of diffusion Radon $\epsilon_{эф.}$, m ² /с	$K_{осл}$
Polymeric wallpapers	1,0	$9 \cdot 10^{-11}$	0,82
Enamel paint	2,5	$2 \cdot 10^{-10}$	0,76
Oily paint	2,0	$4 \cdot 10^{-10}$	0,68
Water-based paint	3,0	$6 \cdot 10^{-10}$	0,49
Spackling	up to 1,0 – 1,5	$6 \cdot 10^{-8}$	0,36
Bonding plaster	up to 3,5 – 7,0	$6 \cdot 10^{-7}$	0,12

The basis for improving the radiation safety of residential premises is the ways of reducing the effect of ionizing radiation of natural radionuclides of construction operations in the premises of buildings on the basis of the control system of radioactive control at all stages.

Improvement of facilities and methods of protection against radon in the premises. Based on the backgrounds, the following basic requirements for the system of radon protection of buildings and structures that designed for radon-hazardous areas can be formulated as:

- maximum reduction of radon inflows into the structure;
- improvement of radon-protective potential of structures, including enhancement of the insulating properties of architectural and planning concept and enclosures;

- increasing of interchange of air with the supply of fresh air into the room and the emission of polluted air.

Summary

As a result of the conducted researches it is established that the values of radiation parameters of ionizing radiation and the radiation background they create in the premises of the house exceeds the normative indicators, that requires their reduction based on the implementation of of architectural and planning concept or other technical protective measures.

As a result of studies of the radiation parameters of housing estate Peremoha-2, the influence of construction materials on the main component of the radiation background in the premises of residential buildings was established.

The actual data of radiation parameters in community facilities and housing stock spaces was determined,

and it was found that in panel and block rooms the annual dose level of γ -irradiation of the population is in the range $1,14 \div 2,45$ mSv/year, that is acceptable for most buildings and structures made of ceramic and silicate bricks, but there is a little excess of invited dose in block and panel multi-storey buildings, in which the excess of permissible value and it differs from the general in 2-2,5 times.

References

1. Law of Ukraine «Pro zahyst ludyny vid ionizuyuchykh vyprominiuvan» Kyiv: №15 VR, 1998.
2. Law of Ukraine «Pro zabezpechennia sanitarnogo ta epidemichnogo blagopoluchchia naselennia» - Kyiv.: VR № 4004-12,1994.
3. Norms of radiation safety of Ukraine (NRBU-97). – Kyiv: MOH, 1997, 121 p.
4. Osnovni sanitarni pravila zabezpechennia radiatsiynoyi bezpeky Ukraine (OSPZRBU-2005), Oficialnyi visnyk Ukraine, 2005, № 23. 105 p.
5. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP Published by Elsevier Ltd. Pergamon Press, Oxford. 1991, 208 p.
6. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP Published by Elsevier Ltd. Pergamon Press, Oxford. 2007, 344 p.
7. DBN V.1.4- 2.01-97 «Systema norm ta pravil znyzennia rivnia ionizujuchikh vyprominjuvan pryrodnykh radionuclidiv v budivnytchtvi». – Kyiv, 1997. - 125 p.
8. Posibnyk do DBN V.1.4- 2.01-97. Kyiv, 1997.- 100 p.
9. Sokolov I.A., Zaprudin V.F., Belikov A.S., Pylypenko O.V., Gupalo O.S., Savitskiy M.V. «Radonova bezpeka ghitlovyh budivel». Dnipropetrovsk, 2008 – 313 p.
10. Belikov, A.S., Kalda G.S., Sokolov, I.A., Pylypenko O.V., Ragimov S.U. Radiacionnaia bezopasnost zdaniy i sooruzheniy s uchertom innovatsiy napravlennykh v stroitelstve. Dnepropetrovsk, 2013 – 367 p.
11. International recommendation for X-ray and Radium // Brit. J.Radiol, 1934/ – № 7. – P. 695-699.
12. Mutscheller A. Physical Standards of Protection Against Roentgen Ray Dangerous // Amer. J. Roentgenol., 1925.– № 13. – P.65-70.
13. GOST 30108-94 Vyznachennia pytomoiy efektyvnoiy aktivnosti pryrodnykh radionuclidiv –M.: MNTKC, 1994. - 32 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКАЖЕНИЙ СОЗВЕЗДИЯ QPSK СИГНАЛА

Кучмин Н.А.

студент Владимирского государственного университета, «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»

Никитин О.Р.

Научный руководитель, доктор технических наук, профессор кафедры «Радиотехника и Радиосистемы», «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»

QPSK CONSTELLATION DISTORTION STUDY

Kuchmin N.

student, Vladimir state university,

Nikitin O.

scientific supervisor, doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Radio Engineering and Radio Systems, "Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs"

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-34-37](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-34-37)

Аннотация

Исследована возможность идентификации причин снижения помехоустойчивости приема на основе анализа искажений созвездия QPSK сигнала.

Abstract

The possibility of identifying the causes of noise immunity reduction based on the analysis of distortions of the QPSK constellation of the signal is investigated.

Ключевые слова: демодулятор, манипуляция, Matlab, QPSK

Keywords: demodulator, manipulation, Matlab, QPSK.

В настоящее время в системах связи широко применяются демодуляторы цифровых сигналов. При разработке демодуляторов наибольшее внимание уделяется обеспечению их помехоустойчивости.

Рост числа ошибок приема может быть вызван не только воздействием помех, но и наруше-

нием нормальной работы блоков системы. В частности, из-за нестабильности частоты возбудителя передатчика может нарушиться соответствие фаз колебаний опорного генератора демодулятора и несущей высокочастотного колебания. В любом случае снижение помехоустойчивости отражается изменением сигнального созвездия по сравнению со

случае, когда демодулятор обеспечивает минимальное число ошибок.

Важно в процессе эксплуатации приемного устройства определить причины нарушения нормального функционирования блоков приемника и оперативно устранить указанные причины. С этой целью проводится оценка и анализ изменений сигнального созвездия.

В данной работе рассматривается изменение созвездия сигнала с квадратурной фазовой модуляцией (QPSK сигнала) при воздействии помехи в виде белого гауссова шума и нарушения соответствия фаз колебаний опорного генератора в демодуляторе и несущего высокочастотного колебания.

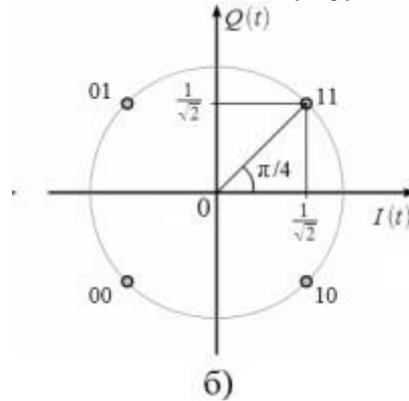


Рис. 1. Созвездие QPSK сигнала.

На рисунке 2 показаны искажения сигнального QPSK созвездия при фазовом разбалансе

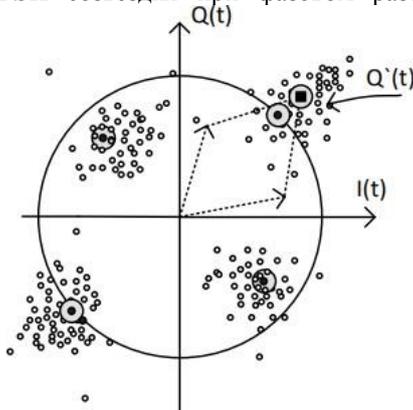


Рис. 2. Фазовый разбаланс.

Одним из способов количественной меры искажений является оценка вектора ошибки – величины отклонения точки созвездия от "штатного" положения. Зная величину вектора ошибки, можно вычислить фазовый сдвиг, на который отклонилось сигнальное созвездие.

Исследования проводились путем моделирования QPSK модема в системе Matlab. В разработанном сценарии при заданном фазовом разбалансе вычисляется угол поворота сигнального созвездия путем вычисления арктангенса от величины вектора ошибки. Сначала определяется положение точки сигнального созвездия (синфазная и квадратурная составляющие) при нулевом фазовом

Решается задача оценки отношения сигнал-шум и угла поворота созвездия на основе анализа изменений созвездия. Необходимо опередить погрешность указанных оценок.

Созвездие QPSK сигнала (рисунок 1) состоит из четырех точек, расположенных на одной окружности и характеризующихся значениями фазового угла: 0° , 90° , 180° и 270° .

Исходный цифровой поток разбивается на четные и нечетные биты, в синфазном канале кодируются четные биты, в квадратурном – нечетные. Два последовательно идущих бита информации кодируются одновременно синфазным $I(t)$ и квадратурным $Q(t)$ компонентами.

квадратурных составляющих сигнала, а на рисунке 3 – искажения за счет амплитудного разбаланса.

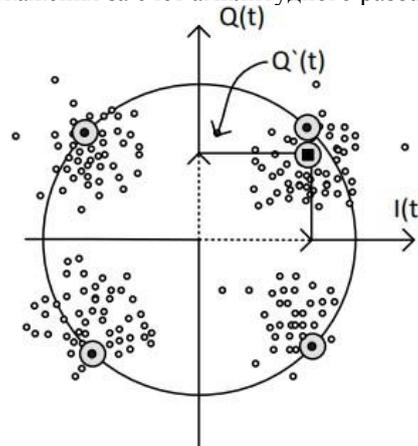


Рис. 3. Амплитудный разбаланс.

сдвиге. Эти «координаты» запоминаются для последующего использования позже. Далее в систему вводится ненулевой сдвиг фазы. Сценарий также вычисляет положение точки, координаты которой вычислялись ранее. Теперь, зная положение точки до и после введения сдвига, находится арктангенс для определения угла поворота. Найденный угол должен быть близок или равен углу сдвига фазы.

Кроме того, определяется отношение сигнал-шум по степени "размытости" точек сигнального созвездия. На рисунке 4 изображены полученные диаграммы рассеяния для малого и большого значений отношения сигнал-шум.

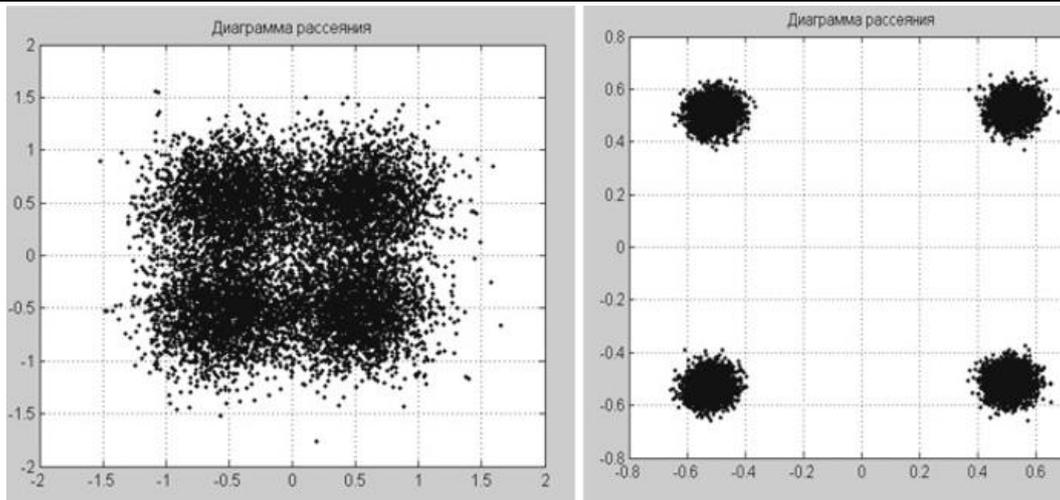


Рис. 4. Диаграммы рассеяния при большом и малом отношении сигнал/шум.

По результатам проведенного эксперимента для случая, когда отношение сигнал-шум мало и составляет 0 дБ, получены результаты, представленные на следующих рисунках.

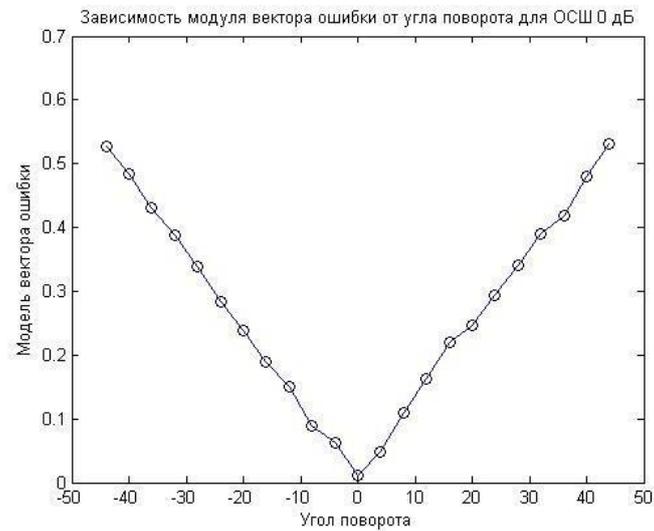


Рис. 5. Зависимость модуля вектора ошибки от угла поворота.

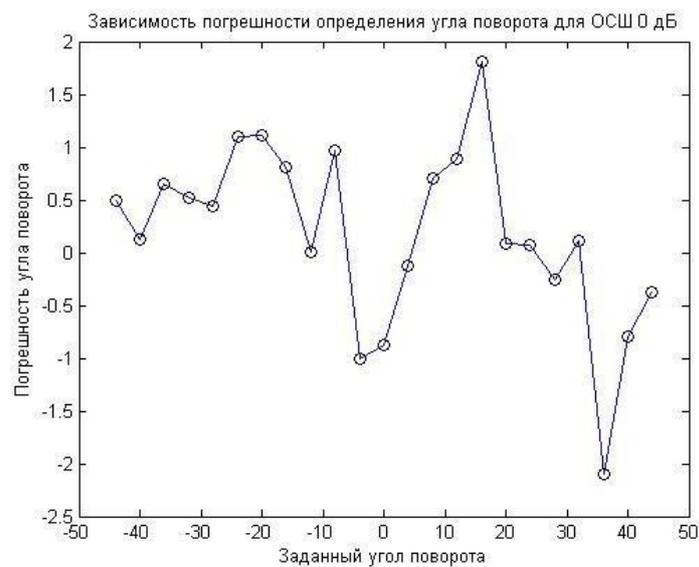


Рис. 6. Зависимость погрешности определения угла поворота от угла поворота.

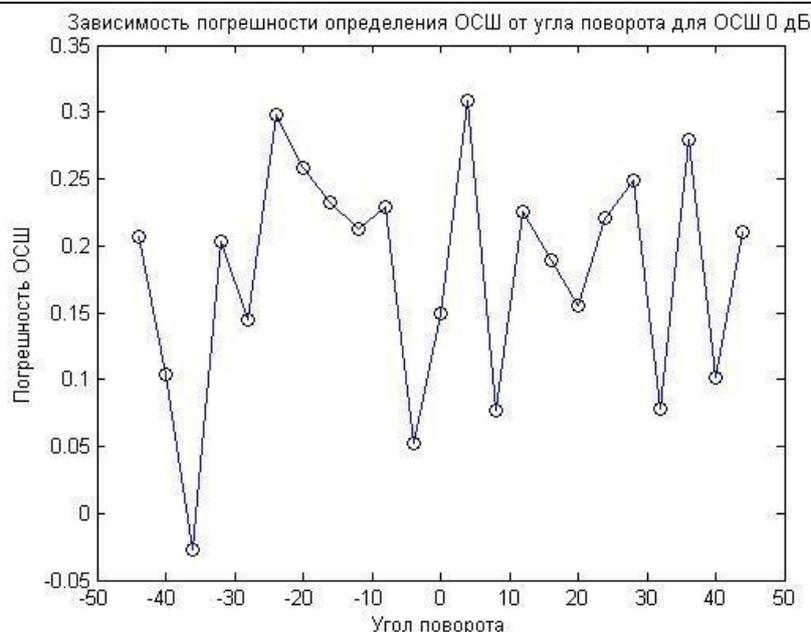


Рис. 7. Зависимость погрешности определения отношения сигнал-шум от угла поворота

Из приведенных графиков можно сделать следующие выводы.

1. Модуль вектора ошибки прямо пропорционален углу поворота сигнального созвездия.
2. Погрешность определения угла поворота находится в пределах (+2 -2,5) градуса.
3. Погрешность определения отношения сигнал-шум находится в пределах (+0,35 -0,05) дБ.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что использованный сценарий Matlab определения вектора ошибок, отношения сигнал-шум и угла поворота созвездия позволяет с малой погрешностью количественно оценить искажения принятого сигнала. По результатам оценки можно скомпенсировать искажения сигнала и тем самым

повысить помехоустойчивость приема QPSK сигнала.

Список литературы

1. Левин Е.К. Нелинейная и пространственно-временная обработка сигналов в радиоприемных устройствах: Учебное пособие. - Владимир: ВлГУ, 2018, 65с.
2. Кисельников А. Е. Алгоритмы идентификации типов искажения радиосигналов с цифровой модуляцией на основе анализа вектора ошибок, диссертация, к.т.н. [Электронный ресурс] <https://www.dissercat.com/content/algorithmy-identifikatsii-tipov-iskazheniya-radiosignalov-s-tsifrovoi-modulyatsiei-na-osnove/read>

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ПРОТОТИПА КОМПАКТНОЙ ОГНЕВОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГНЕУСТОЙЧИВОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Перегон А.В.

научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории инноваций в сфере гражданской безопасности Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины

Нуязин А.М.

начальник научно-исследовательской лаборатории инноваций в сфере гражданской безопасности Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины

Заика Н.П.

начальник лаборатории факультету пожарной безопасности Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины

Ведула С.А.

преподаватель кафедры специальной и физической подготовки факультету оперативно-спасательных сил Черкасского института пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины

TECHNIQUE FOR CREATING THE PROTOTYPE OF A COMPACT FIRE PLANT FOR TESTS TO DETERMINE THE FIRE RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**Perehin A.**

Researcher of Research Laboratory of Innovations in the Field of Civil Safety of Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defence of Ukraine

Nuianzin O.

Head of Research Laboratory of Innovations in the Field of Civil Safety of Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defence of Ukraine

Zaika N.

Head of Research Laboratory of the Faculty of Fire Safety Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defence of Ukraine

Vedula S.

Lecturer of the Chair of Special and Physical Training of the Faculty of Operational and Rescue Forces Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of National University of Civil Defence of Ukraine

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-37-43](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-37-43)**Аннотация**

Железобетонные конструкции широко распространены в использовании из-за их хорошо известной термической стойкости. Ухудшение их свойств после воздействия пожара включает потерю прочности и модуль упругости, растрескивания и сколы бетона. Также конструкционная система здания может быть неожиданно повреждена из-за сложности конструкции и свойства стойкости. Поэтому важно исследовать тепловые характеристики и поведение конструкции поврежденных конструкций, чтобы понять их несущую способность и безопасность. Чтобы решить основные задачи, которые поставлены в работе, была поставлена цель: создать прототип малогабаритной огневой установки, провести анализ результатов эксперимента та возможность достижения стандартного температурного режима пожара. В данной работе описано этапы создания прототипа огневой установки, на базе Учебного комплекса практической подготовки специалистов Оперативно-спасательной службы гражданской защиты ЧИПБ им. Героев Чернобыля НУГЗ Украины. Прототип малогабаритной огневой установки, был построен на основе проведенного анализа последних научных достижений и публикаций [2-7] и с учетом всех существенных недостатков в выше упомянутых исследованиях. При проведении огневых испытаний рост температур в камере печи соответствовали росту температур при использовании стандартной температурной кривой пожара [7].

Abstract

Reinforced concrete structures are widely used due to their well-known thermal resistance. Deterioration of their properties after exposure to fire includes loss of strength and modulus of elasticity, cracking and chipping of concrete. Also, the structural system of a building can be unexpectedly damaged due to the complexity of the structure and the property of durability. Therefore, it is important to study the thermal characteristics and structural behavior of damaged structures to understand their load-bearing capacity and safety. To solve the main tasks set in the work, the goal was set: to create a prototype of a small fire installation, to analyze the results of the experiment and the possibility of achieving a standard temperature of the fire. This paper describes the stages of creating a prototype fire installation, on the basis of the Training Complex of practical training of specialists of the Operational and Rescue Service of Civil Protection of ChIFS named after Chornobyl Heroes of NUCD of Ukraine. The prototype of a small-sized fire installation was built on the basis of the analysis of the latest scientific achievements and publications [2-7] and taking into account all the significant shortcomings in the above-mentioned studies. During the fire tests, the temperature rise in the furnace chamber corresponded to the temperature rise when using the standard fire temperature curve [7].

Ключевые слова: огнеупорная печь, испытание, температура, экспериментальный метод, огнестойкость, малогабаритный фрагмент, термопара, термистор, модуль аналого-цифрового преобразования.

Keywords: refractory furnace, testing, temperature, experimental method, fire resistance, small-sized fragment, thermocouple, thermistor, analog-to-digital conversion module.

Постановка проблемы, анализ последних достижений и публикаций. За последние 5 лет увеличилось количество пожаров, в том числе в зданиях и сооружениях производственного и жилого назначения.

Из-за особенностей проектных решений вышеупомянутых зданий, важно обеспечение огнестойкости, как отдельных элементов строительных конструкций, так и их огнестойкости в целом.

Для определения предела огнестойкости строительной конструкции применяется метод испытаний, содержание которого состоит в определении промежутка времени от начала испытания до наступления одного из нормируемых для данной конструкции граничных состояний огнестойкости в условиях стандартного температурного режима [1].

Проанализировав литературные источники [2–4], установлено, что существуют крупногабаритные печи, в которых можно проводить исследования на определение огнестойкости строительных конструкций стандартного размера. Однако данные печи имеют существенный недостаток в эффективности: испытания у них трудоемкие, ценные и неэкологические.

В работе [5] с помощью печи для теплофизических испытаний малогабаритных фрагментов строительных конструкций и отдельных узлов их стыковых соединений [6] было исследовано в процессе нагревания изменение температуры по толщине стеновой конструкции и установлен предел огнестойкости по признаку потери теплоизолирующей способности. Однако конструкция печи предполагает использование только одной горелки для нагрева камеры, что может влиять на равномерность прогрева исследуемых конструкций. Кроме того, эта печь применима только для испытания стен и работает на жидком топливе. Это в свою очередь говорит о несовершенстве конструкции. В данной работе учтены конструктивные решения по созданию более универсальной установки.

Постановка задачи и ее решение. В данной статье описаны этапы создания прототипа огневой

установки на базе Учебного комплекса практической подготовки специалистов Оперативно-спасательной службы гражданской защиты ЧИПБ им. Героев Чернобыля НУГЗ Украины и анализ результатов тестовых запусков установки, в частности, температурных распределений в камере огневой печи и возможности достижения «стандартного» температурного режима [7] пожара.

Для решения цели, поставлена задача:

1. Описать этапы строительства прототипа компактной установки для испытаний железобетонных и сталежелезобетонных строительных конструкций для имитации теплового воздействия пожара.

2. Определить технические характеристики прототипа огневой установки для проведения испытаний на огнестойкость.

3. Проанализировать температурный режим и замерить максимальную температуру в камере огневой печи.

4. Сделать вывод о целесообразности применения прототипа огневой установки для проведения испытаний на огнестойкость железобетонных строительных конструкций.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов. Для проведения эксперимента был создан прототип малогабаритной огневой установки для проверки возможностей достижения стандартного температурного режима в камере огневой печи.

На рис. 1 представлено фото созданного прототипа малогабаритной огневой установки.



Рис. 1. – Прототип компактной установки для испытаний железобетонных и сталежелезобетонных строительных конструкций в условиях теплового воздействия пожара: 1-п-образный короб; 2-3-съемные крышки; 4-термопара; 5-силовой пол (фундамент); 6-газовая установка; 7-дымоход для выхода продуктов горения; 8-отверстие для установки горелок.

Модель установки для проведения испытаний на огнестойкость (рис. 1) способна обеспечить стандартные условия воздействия огня относительно термического воздействия и давления. Ниже описаны основные этапы строительства прототипа огневой установки.

Этапы создания огневой установки:

1. Заливка фундамента под огневую печь: вырыт котлован для основания под печь, установлена опалубка, выровнен и уложен песчано-щебневый

слой, установлена железобетонная плита, которая залита жидкой цементной смесью;

2. Огневая печь построена из огнеупорного кирпича, который обеспечивает достаточную теплоизоляцию камеры и соответствует нормам [6];

3. В камере огневой печи создано 4 отверстия для горелок (при проведении натурального испытания используется только 2 отверстия из 4, а 2 другие закрываются минеральной ватой, что обеспечивает

изоляцию от подтока воздуха извне) и 1 отверстие для выхода продуктов горения;

4. Дымоход построен из 2 частей: встроенная труба диаметром 20 см., которая заложена кирпичом в один ряд;

5. Съемные крышки состоят из: сварного каркаса из металла, в котором размещена минеральная вата, поверх которой, со стороны подвергающейся

температурному воздействию закреплены листы нержавеющей стали.

Огневая печь была выполнена с трех сторон, подобной формы, одна сторона конструкции построена не была, что позволит исследовать фрагмент железобетонной стены в условиях реального пожара.

Характеристика камеры огневой печи приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика камеры огневой печи

Параметр	Единицы измерения	Величина
Мощность	кВт	100
Максимальная температура нагрева пространства камеры	°С	1050
Объем рабочей камеры	м ³	1
Габаритные размеры (внутреннего пространства камеры печи):		
ширина	мм	1000
длина	мм	1000
высота	мм	1000
Максимальная скорость нагрева камеры	°С/хв.	85

Методика проведения исследования. К началу испытания фиксируется дата проведения исследования, температура окружающего воздуха.

В камере огневой печи для определения температурного распределения размещено 3 Термопары. Расположение термопар в стенах камеры огневой печи показано на рис. 2.



Рис. 2. – Расположение термопар в стенах испытательной установки при исследовании температурного распределения в камере печи: 1-3 – термопары типа ТХА.

Горелки размещены так, чтобы факел их пламени не был в контакте друг с другом и находился в 80 см. до испытательного образца.

На рис. 3 изображено отверстие для выхода продуктов горения, обозначенное цифрой 1, 2-5 отверстия для горелок.

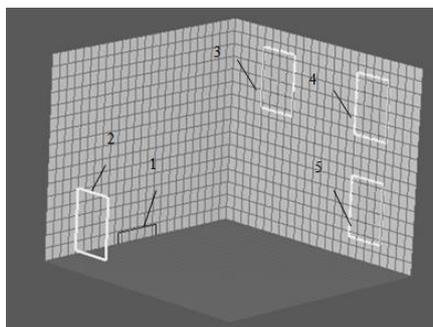


Рис. 3. – Схема расположения отверстия для выхода горящих продуктов и отверстий для горелок.

Расположение горелок и отверстий для отвода продуктов горения влияет на равномерность распределения температуры по отопительной поверхности строительных конструкций.

Существует техническая возможность изменения размеров отверстия для отвода продуктов горения, что позволяет дополнительно регулировать процесс прогрева камеры печи и обеспечения необходимого температурного режима пожара.

Для проверки возможного температурного режима в камере огневой печи и создания в ней соответствующей температуры до 2 газовых баллонов

были подключены 2 горелки. Нагрев газом, хотя и идет в разрез с требованиями [7], однако является более экологичным и менее затратным. Поэтому было принято решение о проверке возможности воспроизведения условий испытаний с использованием пропан-бутана.

Чтобы исследовать температурный режим в камере огневой печи, использовались термопары, общий вид и схема строения, которых изображены на рис. 4.

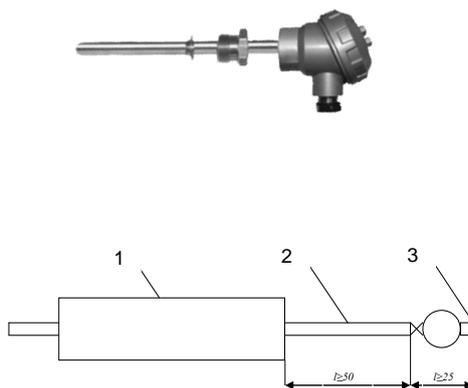


Рис. 4. – Общий вид и схема термопар для измерения температур в рабочем пространстве печи:
1 – теплозащитная оболочка; 2 – защитный кожух; 3 – измерительный спай.

Для измерения температуры в печи использовались термопары ТХА-2388 с диаметром проволоки 1,25 мм (рис. 4), которые можно использовать для измерения температуры в диапазоне от 0 до 1300 °С.

Для получения цифровых значений температуры, в местах установки термопар, использовался модуль аналого-цифрового преобразования (АЦП) сигнала термопар. Данный модуль был специально разработан в институте. Он позволяет проводить измерение температуры с чувствительностью в 0,25 °С. Модуль построен на основе микросхемы тах.

31855, которая позволяет преобразовывать аналоговый цифровой сигнал термопар в цифровой, с максимальным значением температуры до 1350 °С. Данный модуль учитывает температуру холодных спаев и автоматически вносит поправки в значения измерения температуры.

Все аналогово-цифровые преобразователи сигнала термопар и термисторов размещались в блоке комбинированного вычисления температур (рис. 5).

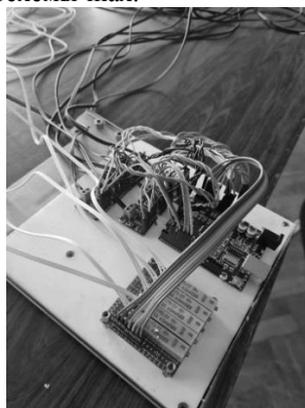


Рис. 5. – Блок комбинированного вычисления температур.

Для обработки полученных данных использовался плагин PLX DAQ для Microsoft Excel позволяющий в режиме реального времени видеть числовые значения температуры и строить соответствующие графики.

Все использованные средства измерений приведены в табл. 2.

Средства измерительной техники

№ п/п	Наименование оборудования или прибора	Диапазон измерений	Ошибка измерений
1.	Термопара ТХА-2388 з модулем АЦП	от - 200 до +700 °С от +700 до +1350°С	± 2,0 °С ± 4,0 °С

Анализ температурного режима камеры огневой печи. На рис. 6 показан график температурно-временной зависимости нагрева камеры огневой печи.

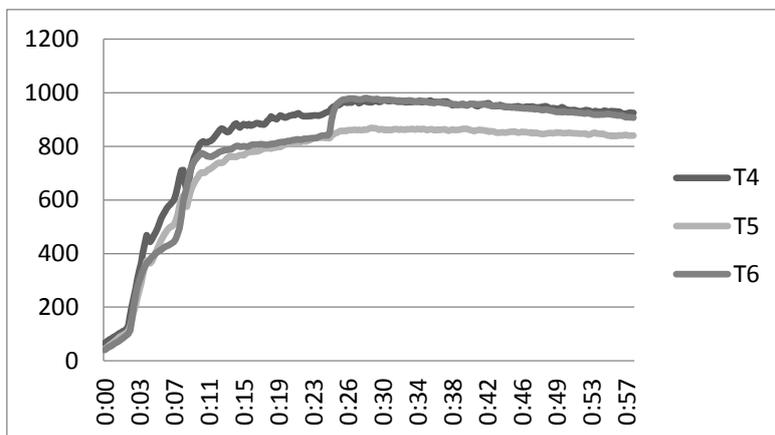


Рис. 6. – Линейная скорость нагрева камеры печи: температурно-временная зависимость в камере огневой печи: T4 – датчик температуры, расположенный ближе к отверстию для выхода продуктов горения, T5 – датчик температуры, расположенный ближе к установленной вертикальной съемной крышке; T6 – датчик температуры, который установлен в параллельной стенке к датчикам T4 и T5.

Линейная скорость нагрева камеры печи составила 35 °С/мин. При достижении 975 °С был установлен стационарный режим с помощью регулировки мощности нагрева печи. Испытание длилось 60 минут (см. рис. 6).

При проведении испытания температура в печи соответствовала требованиям, регламентируемым стандартом.

Анализируя показатели термопар в процессе проведения огневого испытания, стало возможным констатировать следующее:

- максимальная температура в исследуемом помещении на 9 мин. составляла 630 °С, а средняя температура в этот момент времени составляла 600 °С в течение 15 минут и была стабильной;
- с 24 минуты от начала пожара была увеличена мощность горелок, вследствие чего температура выросла до 975 °С и была стабильной в течение 10 минут;
- огневые испытания и рост температур в камере печи соответствовали росту температур при использовании стандартной температурной кривой пожара [7].

Выводы. Проведенное исследование показало, что эксперимент по определению температур в контрольных точках камеры огневой печи проведен в соответствии с требованиями стандартов проведения испытаний несущих стен на огнестойкость. Результаты, полученные при проведении испытаний, достоверны.

По результатам данной работы установлено следующее:

1. Прототип огневой печи, построенной размером 1м×1м×1м, для определения огнестойкости вертикальных несущих строительных конструкций, дает возможность проводить огневые испытания в соответствии со стандартным температурным режимом.

2. Описаны этапы строительства огневой печи с факельным горением и показаны особенности создания прототипа компактной установки для испытаний железобетонных и сталежелезобетонных строительных конструкций в условиях теплового воздействия пожара.

3. Согласно проведенному экспериментальному испытанию, в камере огневой печи происходит равномерное распределение температур по всей площади печи, максимальная достигнутая температура в печи достигла 975 °С, что соответствует минимально возможной температуре проведения испытаний на 80 минуте, в соответствии с требованиями [7].

4. Учитывая изложенное в работе и выводах 1-3 прототип описанной установки целесообразно применить для проведения испытаний на огнестойкость железобетонных строительных конструкций, однако лишь как элемент экспериментально-расчетного метода. Разработка метода является перспективной дальнейших исследований данной работы.

Список литературы

1. DSTU ISO/IEC 17025: 2006 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, 2006.

2. Bartelemi B., Kryuppa Zh. Fire resistance of building structures. - М.: Stroyizdat, 1985, 216 p.
3. Milovanov A.F. Resistance to reinforced concrete structures in case of fire. –М.: Stroyizdat, 1998, 304 p.
4. Nuianzin O. et al. The research of carrying capacity of reinforced concrete walls under uneven warming. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2019. Т. 708. №. 1. p. 012063.
5. Veselivskiy, R B.; Polovko, A. P.; Vasylenko, O. O. Experimental study of fire resistance of enclosing

structures with fibrolite slabs. Pozhezhna bezpeka, 2013, 23: pp. 33-38.

6. B. H. Demchyna, V. S. Fitsyk, A. P. Polovko, A. B. Pelekh Furnace for thermophysical tests of small fragments of building structures and individual components of their butt joints. Pat. 17160 Ukraina, MPK (2006) F23M5/00, Biul. № 9, 2006.
7. DSTU B V.1.1-4-98*. Fire protection. Building constructions. Fire resistance test methods. General requirements, 1998.

ОГНЕТУШИТЕЛИ КАК ПЕРВИЧНЫЕ СРЕДСТВА ПОЖАРОТУШЕНИЯ. ВИДЫ ОГНЕТУШИТЕЛЕЙ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Сажинов А.Р.

Студент

Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет

FIRE EXTINGUISHERS AS PRIMARY MEANS OF FIRE EXTINGUISHING. TYPES OF FIRE EXTINGUISHERS AND THEIR APPLICATIONS

Sazhinov A.

Student

Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-43-45](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-43-45)

Аннотация

За 2020 год в России произошло более 420 тысяч пожаров, что составляет 82 процента от общего количества происшествий, жертвами пожаров стало более 8 тысяч человек. В статье рассмотрены требования к пожарной безопасности, факторы воздействия пожаров на людей, средства первичной ликвидации пожара и виды огнетушителей, с областью их применения.

Abstract

In 2020, more than 420 thousand fires occurred in Russia, which is 82 percent of the total number of accidents, more than 8 thousand people became victims of fires. The article considers the requirements for fire safety, the factors of the impact of fires on people, the means of primary fire elimination and types of fire extinguishers and their applications.

Ключевые слова: опасность, безопасность труда и людей, пожар, нормативные документы, средства пожаротушения, огнетушители, возгорание.

Keywords: danger, safety of work and people, fire, regulatory documents, fire extinguishing equipment, fire extinguishers, ignition.

Введение

В повседневной жизни и производственных процессах часто происходят различные опасные для людей ситуации, такие как взрыв газа в бытовых помещениях, пожары различных масштабов от незначительных возгораний до колоссальных пожаров, охватывающих тысячи квадратных метров помещений, взрывы разной мощности, дорожно-транспортные происшествия, утечки опасных химических веществ и газа из бытовых газовых плит и т.д. Последствием этих негативных воздействий являются всевозможные потери, будь то человеческие жертвы, загрязнение окружающей среды, снижение производственных мощностей и потери ВВП государства.

Анализ данных по различным авариям за 2020 год показал, что в России за этот период случилось более 512 тысяч происшествий. Наиболее распространенными происшествиями являются пожары –

420 тысяч инцидентов (82% от общего количества), дорожно-транспортные происшествия – 89 тысяч случаев (17,4 % от общего количества) и 3,5 тысячи происшествий, произошедших на водных объектах (0,6% от общего количества) [1]. Как показывает статистика, большинство опасных ситуаций относятся к пожарам различных масштабов. За 2020 год жертвами пожаров стали 8 262 человека, из них 355 – несовершеннолетние [2]. В целях снижения количества жертв и пострадавших при пожарах проводится множество мероприятий, направленных на получение базовых навыков пожаротушения, эвакуации при пожаре и пожарной безопасности. Согласно требованиям нормативных документов любое здание или сооружение должно соответствовать требованиям пожарной безопасности. К этим требованиям относятся:

- наличие системы автоматического оповещения о пожаре;
- ограничение образования и распространения опасных факторов пожара в пределах очага пожара;
- нераспространение пожара на соседние здания и сооружения;
- сохранение устойчивости здания или сооружения, а также прочности несущих строительных конструкций в течение времени, необходимого для эвакуации людей и выполнения других действий, направленных на сокращение ущерба от пожара;
- эвакуация людей (с учетом особенностей инвалидов и других групп населения с ограниченными возможностями передвижения) в безопасную зону до нанесения вреда их жизни и здоровью вследствие воздействия опасных факторов пожара;
- возможность доступа личного состава подразделений пожарной охраны и доставки средств пожаротушения в любое помещение здания или сооружения;
- возможность подачи огнетушащих веществ в очаг пожара;
- возможность проведения мероприятий по спасению людей и сокращению наносимого пожаром ущерба имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений.

В дополнение к этим требованиям также необходимо проведение вводных и первичных инструктажей по пожарной безопасности для новых сотрудников, проведение внеплановых и повторных инструктажей в случаях нарушения пожарной безопасности. [3]

Первичные и вторичные поражающие факторы воздействия пожара.

Пожар — это неконтролируемый и неуправляемый очаг горения, возникающий самопроизвольно по причинам, к которым относится халатность или неосторожность человека, сбой в технических системах, неправильное хранение взрывоопасных и пожароопасных материалов и другие факторы.

Факторами, относящимися к первичным, являются наличие открытого огня (тепловой поток, искры, пламя, повышенная концентрация токсических продуктов горения) и задымленность (уменьшение видимости в помещении), повышенная температура и недостаток кислорода.

Выделение токсичных веществ, выделяемых при горении, удары электрическим током, паника и возможное разрушение здания относятся к вторичным побочным факторам.

Во время пожара при нахождении в местах возгорания взрывоопасных веществ возможен взрыв. Влияние взрыва приводит к разрушению зданий и сооружений, что несет за собой травмирование и даже смерть людей. Среди факторов взрыва выделяют ударную волну, которая отрицательно воздействует на человека и живые организмы на расстоянии. Сильное излучение света вызывает воспламенение и привести к обугливанию.

Виды огнетушителей и области их применения.

Для локализации и ликвидации незначительного контролируемого очага горения используются первичные средства огнетушения. К таким средствам относятся переносные и передвижные огнетушители, пожарные краны и средства обеспечения их работы, покрывала для изоляции возгораний и пожарный инвентарь (лом, багры пожарные, емкости для воды и ящики с песком, комплекты для резки электропроводов)

Самым распространенным и известным средством начального пожаротушения является огнетушитель. Огнетушитель является обязательным предметом пожаротушения в каждом здании, будь то офис, цех производственного здания или многоквартирный дом. По требованиям безопасности огнетушитель также должен находиться в каждом автомобиле.

Принцип работы огнетушителя заключается в впрыскивании его содержимого на очаг возгорания или горящий предмет.

Различают множество видов огнетушителей, наиболее распространенными считаются:

- жидкостные;
- порошковые;
- газовые или углекислотные;
- воздушно-пенные;
- воздушно-эмульсионные.

Жидкостные огнетушители используются для тушения пожаров классов А (твердые вещества) и классов В (жидкие вещества). Наиболее безопасны для человека, так как имеют водный состав с активными веществами, для тушения других классов пожаров не подходят. Имеют общую маркировку «ОП»- общего пользования

Порошковые огнетушители являются универсальными и подходят практически для любого класса пожара от горения твердых, жидких и газообразных веществ, до горения электроприборов, находящихся под действием электричества. Имеют общую маркировку «ОП»- общего пользования

Газовые или углекислотные огнетушители применяются для тушения различных горючих материалов и горючих жидкостей, электроустановок под напряжением до 1000 В, а также в картинных галереях, архивах и музеях. В состав аэрозольных и углекисло-бромэтиловых огнетушителей входят так называемые галоидированные углеводороды. При их использовании в очаге возгорания скапливается много кислорода (до 18%), только при такой концентрации газа происходит тушение пожара.

Воздушно-пенные огнетушители необходимы в том случае, когда горящий предмет склонен к тлению. К таким материалам относятся бумага, уголь, дерево и пластмасса. В дополнение, данный вид огнетушителей эффективен для тушения возгораний масляных жидкостей, таких как нефть, масло и различные лакокрасочные покрытия.

Воздушно-эмульсионные огнетушители — устройства, созданные для тушения пожаров классов А, В и Е. Принцип действия основан на тушении возгораний действием воздушной эмульсии.

Вывод:

Для предотвращения и минимизации имущественного ущерба, обеспечения безопасности работников и людей следует регулярно и своевременно проводить инструктажи по правилам пожарной безопасности, обучать гражданское население методам и способам первичного тушения огня и возгораний, проводить периодические проверки специальных инспекций и оперативно исправлять нарушения, обнаруженные во время осмотра соответствия.

Список литературы

1. МЧС в 2020 году спасло более 100 тыс. человек (<https://tass.ru/obschestvo/10321203>) (дата обращения 12.11.2021)

2. В 2020 году в России произошло почти 420 тыс. пожаров (<https://tass.ru/proisshestiya/10467411>) (дата обращения 12.11.2021)

3. Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" от 30.12.2009 N 384-ФЗ (последняя редакция) Статья

8. Требования пожарной безопасности (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/3a9228a03f058b5299126f6f3d1f5b51db0d15cb/) (дата обращения 13.11.2021)

4. Николаева В.Н. Виды огнетушителей и их характеристики. Классификация огнетушителей. АЛЛЕЯ НАУКИ. 2019 -с 50-54.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И КОРРЕКЦИИ РАЦИОНОВ КОРМЛЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Шигимага В.А.

*Государственный биотехнологический университет,
профессор кафедры биомедицинской инженерии и теоретической электротехники, д.т.н., профессор*

Файзуллин Р.А.

*ФГБНУ «Удмуртский федеральный исследовательский центр» УрО РАН,
старший научный сотрудник удмуртского научно-исследовательского института сельского хозяйства, к.с.-х.н.*

Косулина Н.Г.

*Государственный биотехнологический университет,
заведующая кафедрой биомедицинской инженерии и теоретической электротехники, д.т.н., профессор*

Сухин В.В.

*Государственный биотехнологический университет,
старший преподаватель кафедры биомедицинской инженерии и теоретической электротехники*

Коршунов К.С.

*Государственный биотехнологический университет,
аспирант кафедры биомедицинской инженерии и теоретической электротехники*

AUTOMATIC CONTROL AND CORRECTION SYSTEMS RATIIONS FOR ANIMAL FEEDING

Shigimaga V.

*State biotechnological university,
professor of the department of biomedical engineering and theoretical electrical engineering, doctor of technical sciences, professor*

Faizullin R.

*FSBIS «Udmurtskiy federal research center » UB RAS,
senior researcher of the udmurtskogo research institute of agriculture, candidate agricultural sciences*

Kosulina N.

*State biotechnological university,
head of the department of biomedical engineering and theoretical electrical engineering, doctor of technical sciences, professor*

Sukhin V.

*State biotechnological university,
senior lecturer of the department of biomedical engineering and theoretical electrical engineering*

Korshunov K.

*State biotechnological university,
graduate student of the department of biomedical engineering and theoretical electrical engineering*

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-45-50](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-45-50)

Аннотация

Автоматические системы занимают важнейшее место в ряду оборудования и технологии удаленного контроля кормления животных, причем в это понятие входит не только непосредственный контроль в потоке, но и раздача корма, а также его приготовление. Система корректировки рационов представляет собой комплекс оборудования и ПО, позволяющий проводить корректировку рациона по сухому веществу «на лету» при загрузке компонентов в кормосмеситель. Основу системы составляет прикладная программа, подсистема контроля приготовления и раздачи кормов на базе программируемого весового терминала, а также ИК-анализатор кормов, встраиваемый в ковш погрузчика.

Кроме автоматизированных систем прямого контроля и коррекции рационов кормления животных существуют и комплексные системы, решающие аналогичные задачи, а также и непосредственно связанные с кормлением проблемы диагностики качества продуктов животноводства. В настоящее время в молочном животноводстве набирает популярность так называемый «навигатор стада». «Навигатор стада» представляет собой техническое средство диагностики, которое во время доения автоматически анализирует состав молока, выявляет коров требующих внимания ветеринара и предоставляет специалистам протоколы для работы с животными.

Для автоматического экспресс-анализа кормов, в том числе и в потоке, разработаны специальные устройства. Вся информация о корме содержится в его спектре в ближней инфракрасной области, путем автоматизированного анализа которого можно получить такие показатели, как влажность, жир, белок и прочие компоненты. Более сложные системы, включающие подобные устройства, имеют и большую функциональность, в том числе, способны составлять рационы, обеспечивать кормозаготовки и контролировать качество кормового сырья.

В статье описаны современные автоматические системы подготовки рационов, их коррекции для кормления животных. Рассмотрены некоторые элементы автоматического контроля и коррекции рационов. Представлены инновационные автоматические анализаторы кормов в потоке.

Abstract

Automatic systems occupy the most important place in the range of equipment and technology for remote control of animal feeding, and this concept includes not only direct control in the flow, but also the distribution of feed, as well as its preparation. The ration adjustment system is a set of equipment and Software that allows you to adjust the ration for dry matter "on the fly" when loading components into the feed mixer. The system is based on an application program, a subsystem for monitoring feed preparation and distribution based on a programmable weighing terminal, as well as an IR feed analyzer embedded in the loader bucket.

In addition to automated systems for direct monitoring and correction of animal feeding rations, there are also complex systems that solve similar problems, as well as problems directly related to feeding diagnostics of the quality of animal products. Currently, the so-called "herd navigator" is gaining popularity in dairy farming. "Herd navigator" is a technical diagnostic tool that automatically analyzes the composition of milk during milking, identifies cows that require the attention of a veterinarian and provides specialists with protocols for working with animals.

Special devices have been developed for automatic rapid analysis of feed, including in the stream. All information about the feed is contained in its spectrum in the near-infrared region, through automated analysis of which you can get indicators such as humidity, fat, protein and other components. More complex systems that include such devices also have more functionality, including the ability to make rations, provide forage harvesting and control the quality of feed raw materials.

The article describes modern automatic systems for preparing diets and correcting them for feeding animals. Some elements of automatic control and correction of rations are considered. Innovative automatic feed analyzers in the stream are presented.

Ключевые слова: автоматические системы, рацион, кормление, контроль, коррекция, ИК-анализатор.

Keywords: automatic systems, ration, feeding, control, correction, IR-analyzer.

Введение.

Важнейшее место в ряду автоматических систем в животноводстве занимают оборудование и технология удаленного контроля кормления, причем в это понятие входит не только непосредственный контроль в потоке, но и раздача корма, а также его приготовление. Системы контроля кормления состоят из микрокомпьютера, программного обеспечения (ПО) для управления рационами, весового комплекта для распределения порций и модуля для удаленной передачи данных (GPRS или Wi-Fi) [1, 2]. На рынке предлагаются стационарные и мобильные модели, способные загружаться кормом из любой точки фермы [1-4].

Актуальность проблемы. В настоящее время в животноводство активно внедряются современные автоматизированные и роботизированные технологии. Одна из актуальных тенденций – роботизация технологии кормления, как важнейшего процесса животноводства, а также и других направлений и процессов. Вслед за доильными роботами на фермах и в научных исследованиях стали появляться автоматические системы кормления животных и контроля продукции [1, 2, 5-7].

По сравнению с распространенной системой кормления мобильными кормоцехами, автоматические системы кормления обладают целым рядом

преимущества: существенное снижение трудоемкости процесса кормления и энергопотребления, экономия рабочего времени, повышение кратности кормления, увеличение полезной площади животноводческих помещений, повышение точности кормления, а также возможность контроля качества и коррекция рационов «на лету», т.е. в процессе загрузки и/или раздачи корма.

Формулирование цели исследования.

В данном исследовании ставилось целью выполнить краткий обзор современных технических решений в области коррекции рационов и контроля качества кормов непосредственно в процессе автоматизированного кормления животных.

Результаты анализа последних исследований.



Рис. 1 – Анализаторы кормов, встраиваемые в рабочие органы погрузочных машин

Зоотехник, используя программу DTM IC, программирует необходимый в данный момент ра-

Элементы автоматического контроля и корректировки рационов. Система корректировки рационов представляет собой комплекс оборудования и ПО, позволяющий проводить корректировку рациона по сухому веществу «на лету» при загрузке компонентов в кормосмеситель [1, 2]. Основу системы составляет программа DTM IC, система контроля приготовления и раздачи кормов на базе программируемого весового терминала DG 8000 IC, а также ИК-анализатор кормов, встраиваемый в ковш погрузчика [1-3]. Если у фермера самоходный кормосмеситель, то анализатор встраивается непосредственно во фрезу, рис. 1.

цион, согласно технологии кормления, задавая данные на выносном индикаторе кормосмесителя, рис. 2.

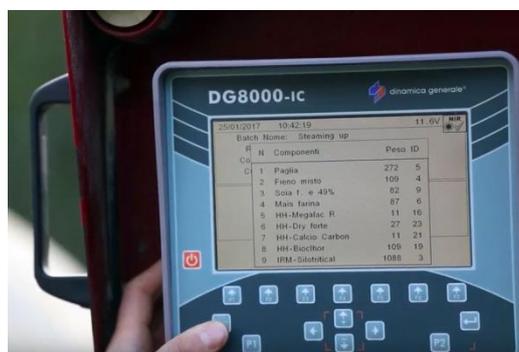


Рис. 2 – Выносной терминал для задания и контроля параметров корма

Данные поступают также на весовой модуль, встроенный в ковш погрузчика. Оператор погрузчика при загрузке компонента корма, например, силоса, набирает на терминале компонент и нажимает кнопку анализа. Через 15 секунд автоматическая система анализа выдает 9 химических показателей и предлагает скорректировать вес загружаемого компонента исходя из новых данных по сухому веществу. Если оператор это хочет осуществить, то нажимает кнопку ввод и система автоматически меняет вес компонента на весовом терминале кормосмесителя. Таким образом, получается полностью сбалансированная смесь корма по сухому веществу. Фактически происходит контроль над процентным содержанием сухого вещества в смеси, а коровы получают оптимальный рацион.

Как правило, все параметры настраиваются фермером самостоятельно вручную. Фермер указывает, что и в каком порядке должно подаваться в

емкость для смешения кормов, назначает время приготовления (в основном все сводится лишь к перемешиванию ингредиентов специальным миксером) и распределяет по группам – каким животным, чего и сколько необходимо. Иными словами, автоматической системе нужно один раз подробно указать, что от нее требуется, а далее весь процесс осуществлять и контролировать будет уже она сама. В дальнейшем от фермера потребуются лишь запустить процесс одним или двумя нажатиями кнопки – все остальное будет уже в памяти. Хотя при желании он может все проконтролировать, наблюдая за информацией, которая выводится на специальное дублирующее табло – там отображаются все данные во время работы системы. Кроме того, электроника контролирует также вес порции и даже ее стоимость. Для этого нужно лишь заранее ввести цену ингредиентов, а потом можно контролировать кормление в рамках заданного бюджета.

Дополнительные возможности контроля кормления предоставляет инновационная система VISIOMIX, основанная на технологии компьютерного распознавания образов. Система способна измерять однородность кормосмеси и длину волокна

кормов внутри смесителя во время приготовления рациона, рис. 3 [8-10].



Рис. 3 – Система VISIOMIX, установленная на автоматизированном кормосмесителе-раздатчике

Система VISIOMIX оснащена цифровой камерой, автоматически анализирует и сравнивает полученные кадры с изображением идеально приготовленного рациона, хранящимся в памяти. Фермер определяет правильную степень смешивания рациона и качества на конкретном приложении. Когда система VISIOMIX распознаёт, что заданное качество кормосмеси достигнуто, фермер получает уведомление на свой смартфон. Кроме того, система подаёт звуковые и визуальные сигналы на весовой микрокомпьютер кормосмесителя.

Стоимость представленных систем и компонентов начинается в среднем от 100 тыс. грн. и доходит до 700 тыс. грн. При этом стоит заметить, что все основные функции есть и у самых дешевых образцов. Более дорогие модели комплектуются дополнительными опциями. Среди них, например, возможность управления складскими запасами, удаленная передача информации на миксер, а также статистическая информация – ведение всевозможных отчетов, составление графиков, анализ (вплоть до химического) и прочие полезные данные.

Автоматизированные системы оптимального кормления животных.

Современное животноводство работает по тем же принципам, что и любой бизнес. Это постоянное

стремление снижать себестоимость единицы продукции и повышать производительность в расчёте на единицу затраченных ресурсов. Ещё совсем недавно достигать этих целей позволяло классическое механизированное оборудование, но сейчас существуют инновационные подходы.

Среди новейших автоматизированных систем кормления можно отметить проект «Ферма будущего» [9]. Это эффективное техническое решение, позволяющее автоматически отслеживать и контролировать основные технологические процессы на ферме:

- контроль заготовки, поступления сырья и кормов;
- контроль складских запасов кормов и сырья;
- контроль загрузки компонентов, приготовления кормосмеси и кормления;
- контроль здоровья, привесов и продуктивности стада.

На рис. 4 представлена схема автоматизированной технической системы из проекта «Ферма будущего», позволяющей комплексно решить проблему загрузки компонентов корма, приготовления кормосмеси и кормораздачи [9].



Рис. 4 – Автоматизированная система загрузки компонентов корма, приготовления кормосмеси и кормораздача из проекта «Ферма будущего»

Важно отметить, что в данном проекте задействован модульный принцип, т. е. можно использовать как все технологии сразу, так и лишь некоторые, эффект от которых будет наиболее значительным для данного предприятия. Это позволяет «конструировать» собственные автоматизирован-

ные технологические системы кормления на каждой конкретной ферме, соотносясь с имеющимися ресурсами.

Анализ состояния животных и кормов.

Кроме автоматизированных систем прямого контроля и коррекции рационов кормления суще-

ствуют и комплексные системы, решающие аналогичные задачи, а также и непосредственно связанные с кормлением проблемы диагностики качества продуктов животноводства. В настоящее время в молочном животноводстве набирает популярность так называемый «навигатор стада», который, однако, к навигации в географическом смысле отношения не имеет. Такое устройство разработала фирма DeLaval, рис. 5 [10]. «Навигатор стада»



Рис. 5 – Аналитическая система «навигатор стада» фирмы DeLaval

Прибор анализирует образцы молока по 4 различным параметрам и определяет текущее состояние здоровья коровы – например, может выявить какое-либо заболевание (мастит) или прогнозировать период охоты. Также с помощью прибора можно узнать о нарушении у животного обмена веществ и даже о несбалансированном рационе кормления с дальнейшей возможностью его корректировки. Последнее как раз и обеспечивает комплексность подхода к решению задачи автоматизированного кормления животных.



Рис. 6 – БИК-анализаторы фирмы Dinamica Generale (Италия)

В отличие от химического анализа, в этом случае не нужно из образца выделять конкретный компонент для изучения. Вся информация о корме содержится в его спектре в БИК области, путем автоматизированного анализа которого можно получить такие показатели, как влажность, жир, белок и прочие компоненты. Более сложные системы, включающие подобные устройства, имеют и большую функциональность, в том числе, способны составлять рационы, обеспечивать кормозаготовки и контролировать качество кормового сырья [11-13]. В самом общем приближении БИК-анализатор состоит из источника излучения, светофильтров и модуляторов, которые позволяют выделить анализируемое излучение на необходимых длинах волн, фотоприемников, собирающих отраженное излучение, и устройств обработки сигнала. Для каждого из контролируемых веществ подбирается своя длина измеряющей волны, а также разрабатываются алгоритмы, в соответствии с которыми анализируется отраженное излучение.

Автоматический анализ корма в БИК-области спектра.

представляет собой техническое средство диагностики, которое во время доения автоматически анализирует состав молока, выявляет коров требующих внимания и предоставляет специалистам протоколы для работы с животными. Ранняя диагностика этих параметров улучшает продуктивность стада, повышает эффективность и рентабельность хозяйства, улучшает условия содержания животных и безопасность продуктов питания.

Автоматические анализаторы кормов в потоке.

Стоит упомянуть о более специфических устройствах, предназначенных непосредственно для автоматического экспресс-анализа кормов, в том числе и в потоке. Современные портативные приборы, выполняющие эту важную для любого фермера задачу, основаны на анализе корма в ближней инфракрасной (БИК) области по БИК-технологии, рис. 6.

Метод БИК спектроскопии основан на явлении поглощения и отражения электромагнитного излучения физическими телами. Молекулы любого вещества по-разному взаимодействуют с излучением, имеющим различную длину волны. Оно может отражаться, поглощаться, пропускаться. В итоге появляется возможность, анализируя отраженное или пропущенное инфракрасное излучение, измерить уровень содержания того или иного вещества [14-15]. Достоинством БИК является возможность его применения для широкого класса веществ: газов, жидкостей, твердых и сыпучих тел как органического, так и неорганического происхождения, в том числе в отдельных образцах и в потоке. Можно отметить и относительную простоту конструкции БИК-анализаторов, для которых за предыдущие десятилетия наработана вся необходимая элементная база, ПО и технология производства.

Метод БИК спектроскопии в последние годы стал одним из основных для определения качества и питательной ценности кормов. В отличие от химических методов, он практически не требует под-

готовки образцов, анализ проводится в течение минут, в том числе «на лету» и предоставляет точные данные о контролируемых показателях. В зависимости от сложности анализатора можно измерить уровень содержания нескольких десятков компонентов. Наиболее доступные и распространенные модели устройств позволяют контролировать влажность кормов, содержание крахмала, сырого протеина и жира, ADF, NDF и золы. БИК-анализаторы сегодня предлагаются в стационарном и портативном исполнении [11, 12]. Как правило, последние позволяют контролировать количество параметров, минимально достаточное для оценки качества кормов. Для более детального анализа используются стационарные лабораторные приборы.

Выводы.

Современные автоматические системы подготовки и коррекции рационов для кормления животных занимают одно из основных мест в комплексе машин точного животноводства. В качестве основных узлов инновационных систем кормления наиболее перспективны автоматические анализаторы кормов в потоке, принцип действия которых основан на использовании явления поглощения и отражения в ближней инфракрасной области спектра.

Список литературы

1. Жуков А. Корма в потоке. Контроль качества на лету. Белорусское сельское хозяйство. 2014. №8 (148). С. 56-61.
2. Контроль кормления со встроенными анализаторами кормов. URL: <https://www.onlinescales.ru/catalog/selskoe-hozyaystvo/ferma-budushhego/tovar-11071.html> (дата обращения 02.11.21).
3. Производитель анализаторов кормов. URL: <https://www.dinamicagenerale.com> (дата обращения 02.11.21).
4. Анализаторы кормов. URL: https://foss-ua.com/products/feed_analyzers (дата обращения 07.10.20).
5. Шигимага В. А. Импульсная кондуктометрия в изменяемом электрическом поле: перспективы развития измерений. Измерительная техника. 2014. №10. С. 65-69.
6. Шигимага В. О. Біотехнічний комплекс імпульсної кондуктометрії і електроманіпуляції з клітинами тварин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.11.17. Харків, 2014. 36 с.
7. Шигимага В. А. Метод и аппаратура импульсной кондуктометрии одиночных клеток животных и жидких сред. Акт. вопр. биофизики и химии: мат. VII междунар. науч.-техн. конф. (г. Севастополь, 26-30 апр. 2011 г.). Севастополь, 2011. С. 25–26.
8. Сасимова И. А., Косулина Н. Г., Черенков А. Д. Результаты экспериментальных исследований с эмбрионами животных. Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сільського господарства ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». Харків, 2010. Вип. 101, Т. 1. С. 109 – 112.
9. Анализатор для питания животных на содержание питательных веществ VISIOMIX. URL: <https://www.agriexpo.ru/prod/dinamica-generale-spa/product-168827-124283.html> (дата обращения 02.11.21).
10. Ферма будущего. Технологические решения для сельского хозяйства. URL: https://www.onlinescales.ru/storage/catalog/sections_files/future_farm_2020_preview.pdf (дата обращения 02.11.21).
11. Навигатор стада инновационный продукт в области управления фермой. Farm Animals. 2014. №1 (5). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/navigator-stada-innovatsionnyy-produkt-v-oblasti-upravleniya-ferмой> (дата обращения: 02.11.21).
12. Анализатор кормов универсальный, инфракрасный, NIRS DA 1650 Foss. URL: <https://www.diam.ru/catalog/lab/analizatory-zerna/analizator-kormov-i-furazha-nirs-da1650-vv/> (дата обращения 02.11.21).
13. Анализаторы кормов. URL: <http://www.tehperm.ru/page69/> (дата обращения 02.11.21).
14. Эффективное животноводство. 2019. Спецвыпуск «Техника и оборудование для животноводства». №6 (154). URL: <https://www.yumpu.com/ru/document/view/62812626/-no6-154-2019> (дата обращения 02.11.21).
15. Lindon J. Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry. 2th ed. Academic Press, 2010. 3312 p.

**УСТРОЙСТВО ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО ЛИНЕЙНОГО ПРИВОДА ТИПА SPIRALIFT.
ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРУДНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

Федоров В.Ю.

Студент

Краснова М.Н.

Научный руководитель

кандидат технических наук доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

"Воронежский государственный технический университет" ВГТУ

**TELESCOPIC LINEAR ACTUATOR DEVICE TYPE SPIRALIFT. APPLICATIONS, DESIGN
FEATURES OF USE AND TECHNOLOGICAL DIFFICULTIES OF MANUFACTURING**

Fedorov V.,

Krasnova M.

Scientific adviser

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Voronezh State Technical University"

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-51-63](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-51-63)

Аннотация

В данной статье рассмотрены конструкции приводов технологии «Спиралифт», области применения приводных систем такого типа. Их достоинства и недостатки. А так же указаны технологические трудности производства.

Abstract

This article discusses the design of drives of the "Spiralift" technology, areas of application of drive systems of this type. Their advantages and disadvantages. And also the technological difficulties of production are indicated.

Ключевые слова: Спиралифт, телескопический линейный привод, система приводов, линейные перемещения, прочностные характеристики винтовой колонны, характеристики стальных лент, неразрушающий контроль.

Keywords: Spiral lift, telescopic linear drive, drive system, linear movements, strength characteristics of a helical column, characteristics of steel belts, non-destructive testing.

Введение

В современном мире повсеместно, используются линейные привода различных конструкций. Их предназначение известно людям с древних времен, однако активное развитие орудий труда и расширение сектора производства умных и высокоточных устройств для повседневного человеческого быта, поставили перед инженерами, конструкторами двадцать первого века новые задачи.

Каждый человек нуждается в тех или иных материальных благах. Многие люди регулярно посещают заведения в которых удовлетворяют свои духовные потребности, например, театр, просмотр кино, прослушивание в зале «живой» игры оркестра. Для кого-то может быть это просмотр (или участие) в состязаниях по плаванию, футболу, хоккею.

Все выше перечисленные занятия проводятся в специальных, обустроенных объектах, использующих то или иное техническое оснащение. В данном случае все вышеперечисленные занятия проходят в помещениях, способных быстро и автоматически меняться под те или иные задачи. Например, у театра подвижная, трансформирующаяся сцена. Оркестровая яма может перемещаться по высоте и

трансформироваться в размерах для достижения необходимых уровней эха или придания композиции специфического звучания. Дно бассейна может перемещаться, тем самым меняя глубину. Для занятий с маленькими детьми необходим так называемый «Лягушатник» (малая ванна), для проведения тренировок команд по водному полу глубина увеличивается, а для тренировок по прыжкам в воду глубина максимальна. И все эти занятия можно совместить в одной ванне благодаря приводам технологии спиралифт.

Данный тип приводов очень востребован во всех выше перечисленных объектах, так как его главным достоинством является компактность в нераскрытом виде.

Определение Спиралифта

Спиралифт (рис 1) можно классифицировать как телескопический линейный привод. Его основное предназначение — это линейное перемещение крупногабаритного тела (объекта), обладающего большой массой, с обеспечением малых габаритов в одном из крайних положений по оси перемещения.



Рисунок 1 Спиралифт

На данный момент в мире уже активно используется технология «спиралифт». Пока его применяют только в строительной сфере – для перемещения различных театральных площадок, стен, полов. Так же его применяют в бассейнах, с помощью него производят линейное перемещение одной из плоскостей (например дна). При этом сохраняется полная герметичность, влага не проникает за тело перемещения.

Спиралифт способен обеспечить не только высокую грузоподъемность при линейном перемещении, но и ещё динамическое изменение таких параметров как скорость раскрытия, плавность хода,

непосредственное реверсирование движения в процессе и т.д.

Т.е. все параметры могут изменяться в процессе работы устройства (динамически). Максимальное динамическое усилие которое может выдать данное устройство гораздо больше чем у других линейных приводов того же типоразмера.

Применение Спиралифта

Помимо ранее описанных случаев применения данного типа устройств, уже существуют идеи (патент – см литературу [1]) где предлагается использовать спиралифт в транспортных средствах. (рис 2)

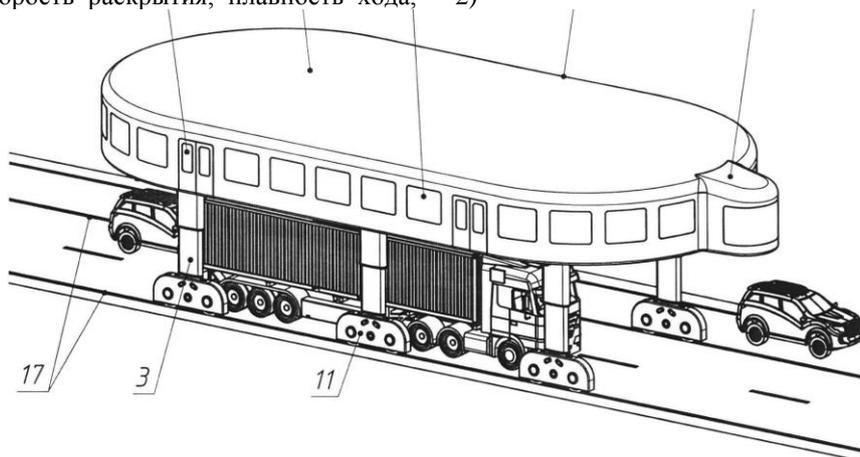


Рисунок 2 Идея применения спиралифта для пассажирского транспорта

На рисунке 2 [1, стр 2] изображен пассажирский транспорт, который передвигается по направляющим (в данном случае применены стандартные рельсы), однако возможно и использование поворотных стоек с колесными парами. Применение данного вида устройств в театрах и бассейнах уже успешно реализовано (рис 3). По аналогии устройства привода линейных перемещений элементов крыши, каркаса некоторых футбольных стадионов и нижняя стенка дна катков (хоккейные).

Одной из особенностей применения данного привода является согласованность перемещения при запуске приводной системы, в состав которой входят спиралифты различных характеристик.

Очень важно чтобы при одновременной работе системы приводов по технологии спиралифт не возникало задержек в раскрытии колонны (рис 6). В

противном случае перемещаемый объект будет не параллелен плоскости на которой установлена приводная система. Изменение уровня положения в пространстве перемещаемого объекта повлияет на смещение центра массы, что в свою очередь изменит один из главных параметров по которому рассчитывался состав приводной системы – максимально допустимая нагрузка на возрастающую колонну. В такой ситуации может произойти искривление или вообще полное разрушение колонны.

Соответственно, при применении комбинированной (сложносоставной) системы приводов (рис 9) необходимо обеспечить одновременное срабатывание всех компонентов системы.



Рисунок 3 Размещение спиралифта под дном бассейна

Спиралифт можно реализовать в сфере технического обслуживания крупногабаритных технических устройств: стойки, краны, кронштейны, подъёмники (рис 4).



Рисунок 4 Использование спиралифта как привода подъёмника при техническом обслуживании транспортных средств

Конструкции Спиралифта

На данный момент компании, производящие приводы типа спиралифт сгруппировали свой модельный ряд по параметрам – максимальное динамическое усилие, выдаваемое на выходе, габариты в сложенном состоянии, а так же по применяемому принципу раскрытия колонны.

Первый параметр задаёт прямую зависимость максимально допустимой нагрузки на возрастающую колонну (т.е. максимально перемещаемый вес

одним приводом и площадь опорной плоскости объекта), второй параметр необходим для расчета количества точек приложения подъёмных сил (т.е. количество необходимых приводов чтобы переместить объект определенной массы при приложении линейно направленных сил на плоскость, имеющую некоторую площадь и прочностную характеристику).

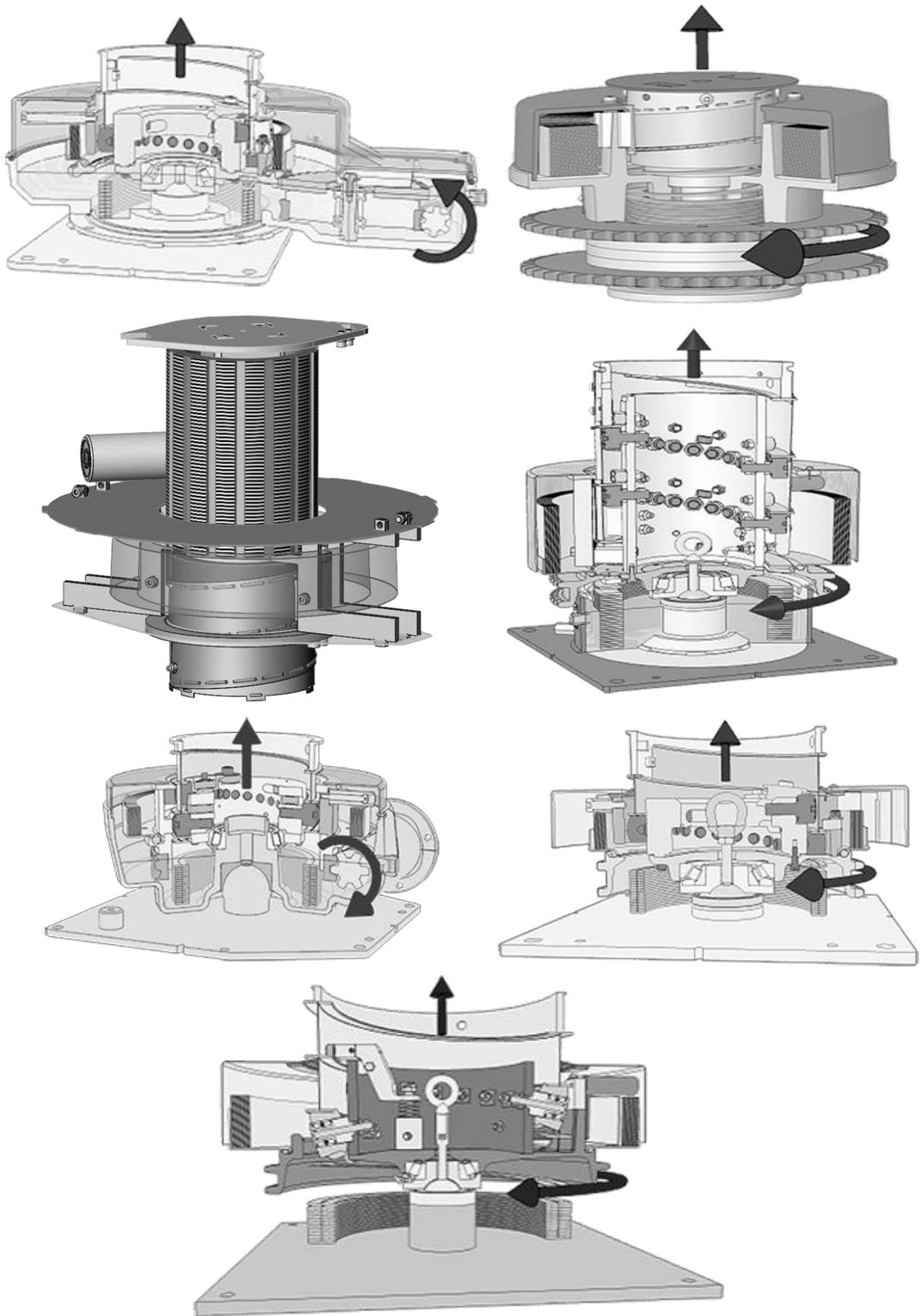


Рисунок 5 Различные конструкции спиралифта

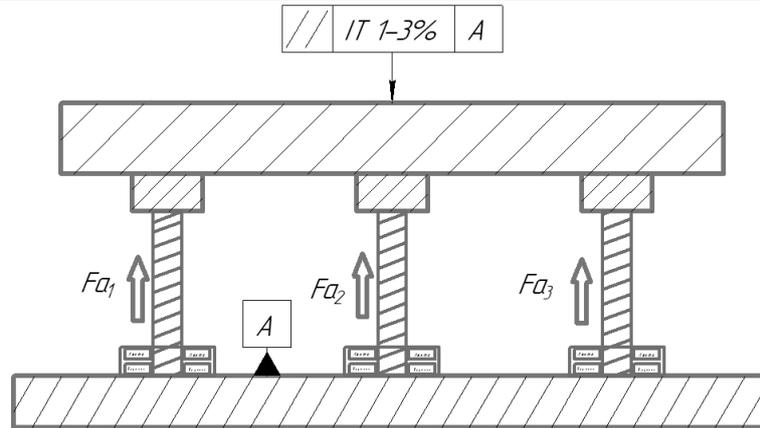


Рисунок 6 Схема приводной системы в которой используются одинаковые приводы технологии спиралифт. Перемещаемый объект имеет плоскую опорную поверхность.

На рисунке 6 схематично изображено размещение нескольких приводов. Для того чтобы перемещаемый объект не кренился во время передвижения, необходимо обеспечить одновременную, равномерную работу всех приводов системы.

Предположим, что наш перемещаемый объект — это дно бассейна. Тогда для сохранения герметичности нужно чтобы отклонение опорной плоскости перемещаемого объекта от нормали составляло менее 5 градусов.



Рисунок 7 Схема отклонения платформы

Для определения максимально допустимой разности срабатывания приводов, предлагаю использовать следующий способ:

За 1 единицу времени выходной вал привода совершает N количество проворотов пружины с лентой.

За один проворот выходного вала пружина раскручивается на i единиц длины. Рассмотрим рисунок 8. Расстояние между 1 и 12 точкой называется шагом винтовой линии. Примем за обозначение этого расстояния переменную h . Если сделать развертку для цилиндра с винтовой линией, изображенном на рисунке 8, то можно заметить, что на развертке каждый виток представляет собой отрезок прямой т.к. основание и винтовая линия есть ничто иное как геометрическое место точек. Следовательно можно будет записать её уравнением прямой линии $y=kx$. При проведении касательных к

винтовой линии и проецировании их на плоскость развертки, становится ясно, что они совпадают с прямой описанной уравнением ранее. Тогда можно вычислить угол подъема винтовой линии по формуле:

$\text{tg}(\varphi) = \frac{h}{\pi d}$ где h – шаг винтовой линии; d – диаметр цилиндра

Т.е. при раскрытии колонн нескольких приводных механизмов в системе, необходимо чтобы разность в рассогласовании прохождения начальной точки колонны по винтовой линии составляла не более 1 шага. Данное условие является идеальным. Длина одного шага винта определяется по формуле

$$L = \sqrt{h^2 + (\pi d)^2}$$

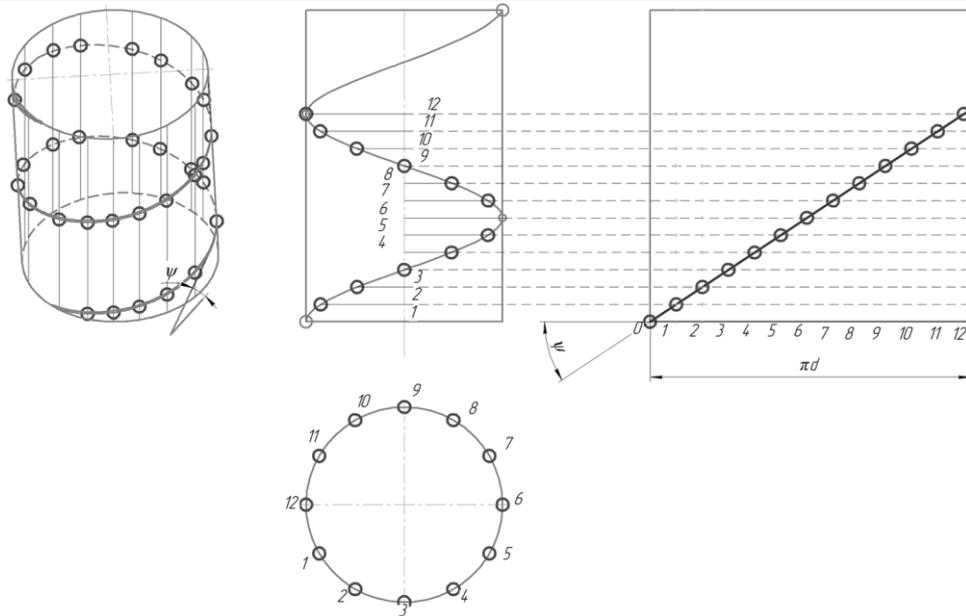


Рисунок 8 Развертка винтовой линии

В случае изображенном на рисунке 9, важным условием сохранения герметичности при перемещении будет равномерность перемещения по направляющим, которая в свою очередь обеспечивается правильным выбором необходимого количества приводов.

В таких ситуациях как на рисунке 9, практичнее всего применять распределяюще-опорные металлоконструкции. Одна из таких изображена на рисунке 4.

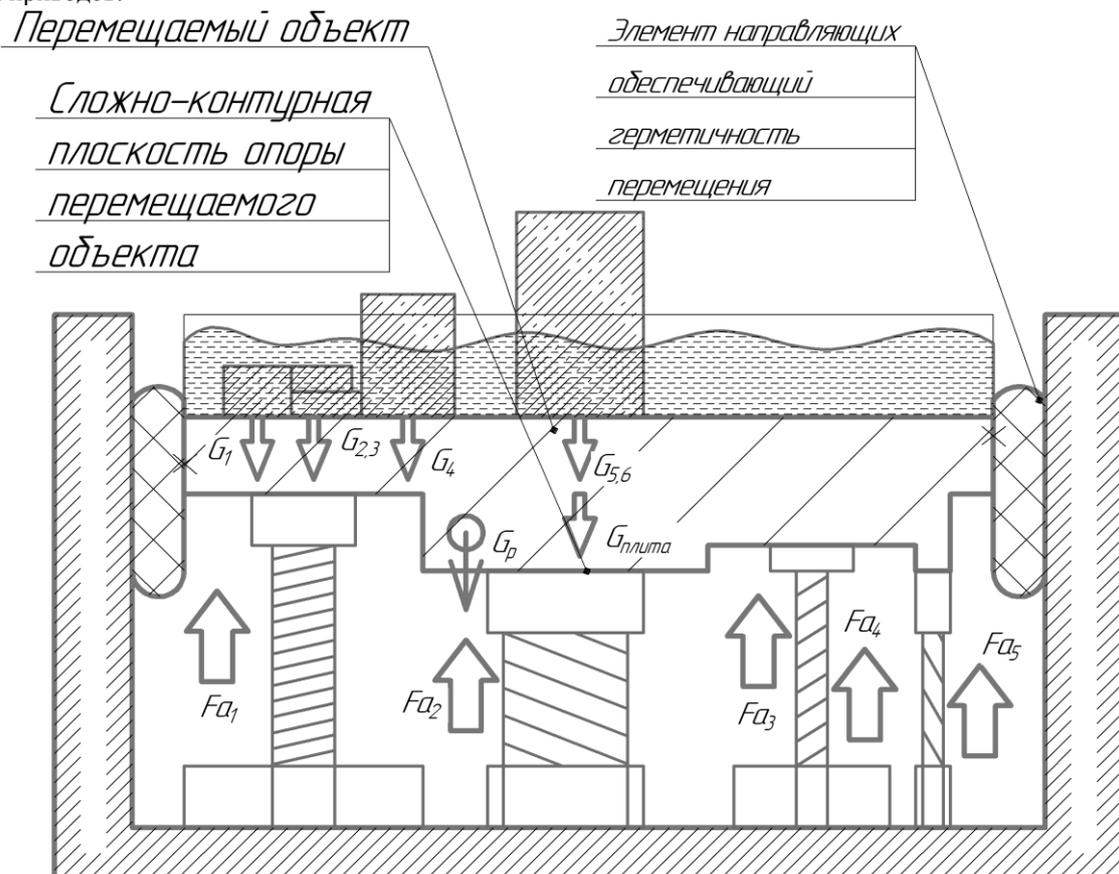


Рисунок 9. Схема приводной системы в которой задействованы приводы технологии спиралифт различных характеристик. Перемещаемый объект нагружен и имеет сложно-контурную опорную поверхность.

Принцип работы устройства

Рассмотрим механические принципы в данном приводе (рис 10):

- 1) Выходное звено мотор-редуктора (поз.6) приводит в действие систему.
- 2) Шнековая система (поз. 3) приводится в движение

3) Элемент (поз.9) удерживает в постоянном зацеплении пружину (поз.1) и шнековый вал (поз.3)

4) Вся установка вращается и закрепляется в корпусе посадочным местом подшипника (поз.4)

5) Элемент (поз.10) удерживает в постоянном зацеплении ленту (поз.2) со шнеком

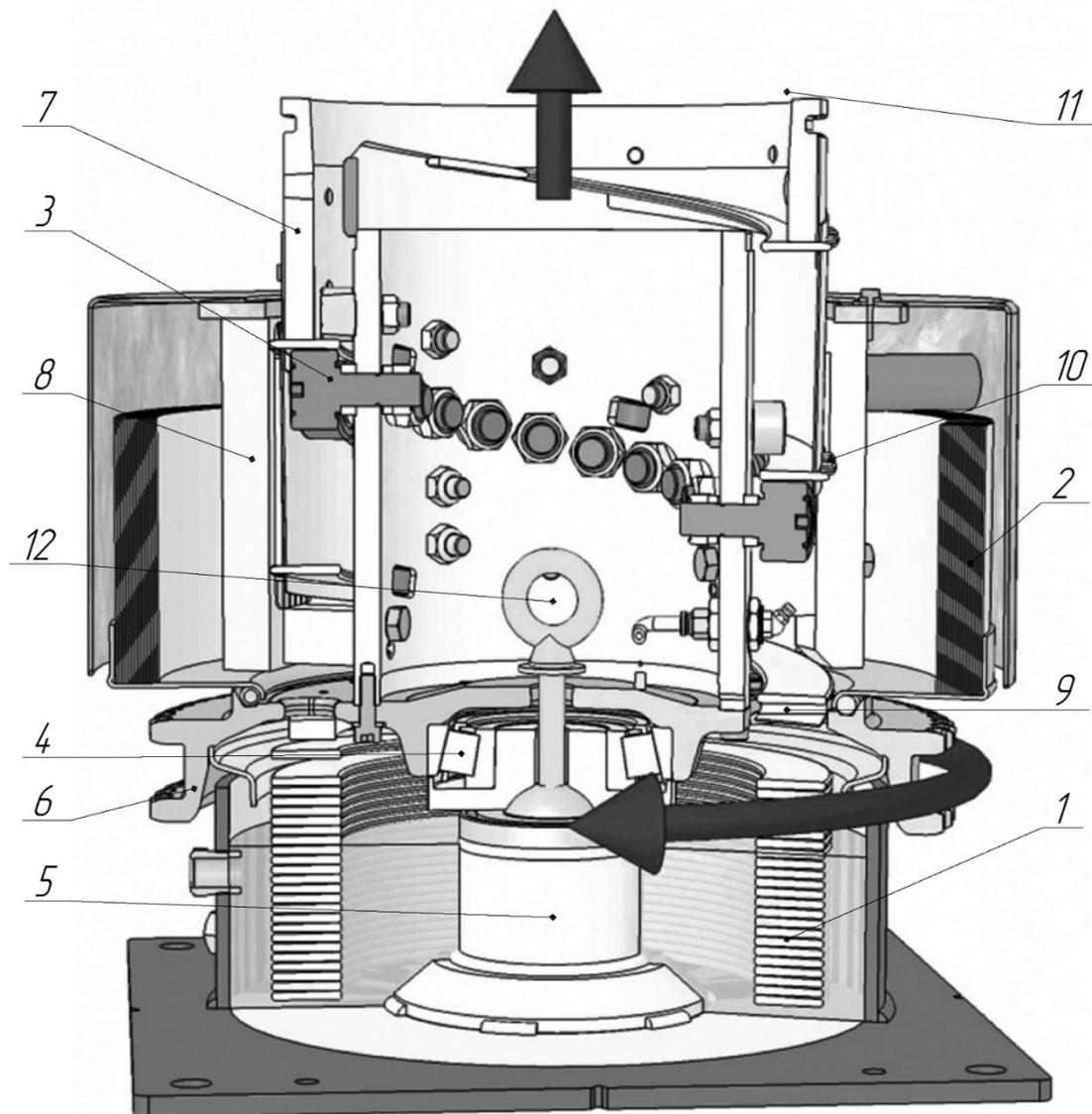


Рисунок 10 Пример конструкции спиралифта

6) Корпус в котором скручена лента устанавливается на выходной вал мотор-редуктора по средствам набивки роликами сепаратора подшипника.

7) Двигаясь по шнековой системе параллельно с раскручиванием ленты, пружина перемещается вдоль направляющих (поз.7).

8) Скрутку ленты разделяет согласно шагу винтовой линии разжимной механизм (поз.8).

9) На выходе из шнековой системы ступени на пружине входят в зацепление (поз.11) с отверстиями в ленте.

10) Центральная ось (поз.5) удерживает на себе предохранительный механизм. Серьга предохранительного механизма (поз.12) служит опорой при

раскрытии предохранителя вместе с первым витком пружины. В случае если пружина не войдет в зацепление или по какой-то причине колонна сойдет с шага, то предохранительный механизм её удержит.

Таким образом, все вышеперечисленные элементы механизма раскрывают колонну. При обратном процессе, все происходит аналогично.

Примерные расчеты

Допустим, что необходимо рассчитать габарит колонны для того чтобы переместить объект массой 1 тонну (1 000 кг) на высоту 10м.

Для начала необходимо определить требуемую площадь сечения колонны. Она определяется по формуле:

$$F = \frac{N}{R_Y}$$

Где

N – сосредоточенная нагрузка, точкой приложения которой является центр тяжести поперечного сечения колонны.

R_Y – коэффициент показывающий сопротивление металла растяжению, сжатию и изгибу по пределу текучести. Является табличным коэффициентом.

Однако есть некоторые сложности в применении данной формулы на практике.

Во-первых идеально ровного приложения нагрузки N не бывает. Нагрузка будет распределенной, более того возникает эксцентриситет приложения приведенной сосредоточенной нагрузки, следовательно появляется момент, который называют изгибающим. Он действует в поперечном сечении колонны. Так как есть изгибающей момент, то есть и сам изгиб.

Во-вторых любой материал неоднороден, если разделить колонну на несколько фрагментов, то их центры тяжести сечений никогда не сойдутся в одной точке, т.е. они смещены относительно центральной оси колонны. Значит необходимо спланировать развертку колонны так, чтобы центры перекрывали друг друга как это изображено на рисунке 11

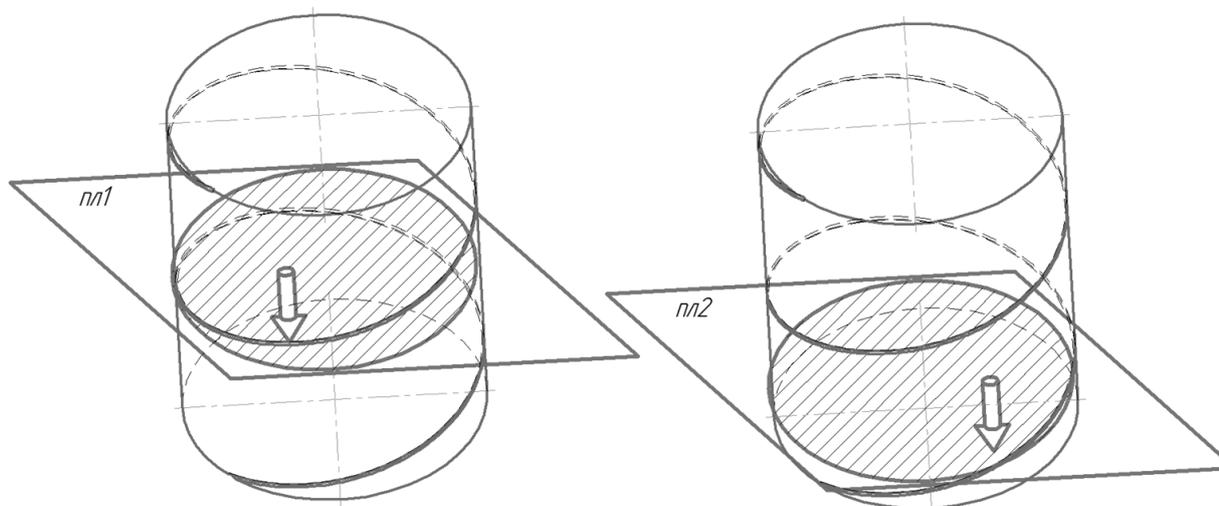


Рисунок 11 Центры тяжести у разных плоскостей сечения колонн смещены от центральной осевой линии из-за неоднородности материала

Учитывая все вышеперечисленные факторы, имеет смысл использовать коэффициент φ продольного изгиба:

$$F = \frac{N}{\varphi R_Y}$$

Значение данного коэффициента зависит от марки материала и гибкости колонны. Гибкость λ материала, параметр характеризующий радиус инерции относительно длины колонны

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}$$

l_{ef} – расчетная длина колонны

Расчетная длина колонны отличается от реальной и определяется по формуле

$$l_{ef} = \mu \cdot l$$

l – Реальная длина колонны

Коэффициент μ зависит от условий нагружения колонны (рис 12)

В нашем случае μ равен 2,0

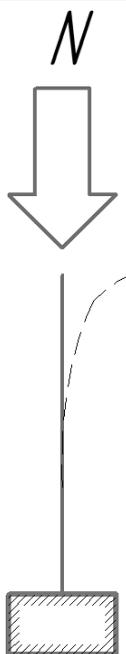


Рисунок 12 Значения коэффициента μ при прямом случае нагружения

Так же возможны и другие случаи:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Схема закрепления колонны (стойки) и вид нагрузки								
μ	1,0	0,7	0,5	2,0	1,0	2,0	0,725	1,12

Рисунок 13. Различные значения коэффициента μ

Значения коэффициента гибкости λ зависит от выбранного материала и степени нагружения колонны.

Чем больше значение коэффициента, тем меньше ширина или высота поперечного сечения колонны.

Следовательно тем больший запас по сечению потребуется при одной и той же длине колонны.

Так как в нашем случае колонна нагружена постоянно, принимается значение $\lambda = 90$

Предлагаю использовать следующие материалы для исполнения лент колонны:

Таблица 1

Материалы для колонны					
сталь	12X18Н9	07X16Н6	20X13Н4Г9	12X17Г9АН4	10X14Г14Н14Г
Расчетная прочность	930-1230 МПа	1180 МПа	640 МПа	980 МПа	690 МПа
Значение φ при $\lambda = 90$	14	22	110	46	102

Значения φ в таблице взяты в степени 10^{-3}
 Расчетное сопротивление R_y определяется по формуле

$$R_y = \frac{Y_m}{R_{yn}}$$

Где R_{yn} – предел текучести
 Y_m – коэффициент надежности материала, учитывающий возможные изменения физико-механических свойств. Принимается согласно ряду стандартных значений. $Y_m \in (1,025 \dots 1,15)$

Произведём следующие вычисления:

Нагрузка на колонну
 $N = mg = 1000 \cdot 10 = 10 \text{ кН}$

Принимаем

$\mu = 2,0$

$\lambda = 90$

Коэффициент $\varphi = 14$ при кратковременной прочности $\sigma_b = 1230 \text{ Мпа}$

Предел текучести материала 12X18Н9 $\sigma_T = 215 \text{ Мпа}$

Согласно ряду стандартных значений закладываем коэффициент $Y_m = 1,15$

$$R_y = \frac{1,15}{215 \cdot 10^{-5}} = 0,0053 \cdot 10^5 = 530$$

Тогда

$$F = \frac{1000}{14 \cdot 10^{-3} \cdot 530} = 0,1347728894 \cdot 10^3 = 134,77 \text{ см}^2$$

Принимаем $F = 135 \text{ см}^2$

Данная часть расчета была справедлива (принимая) к сплошной колонне круглого сечения, однако так как был заложен коэффициент учитывающий возникновение изгиба при смещении приложения центров масс в различных плоскостях сечения

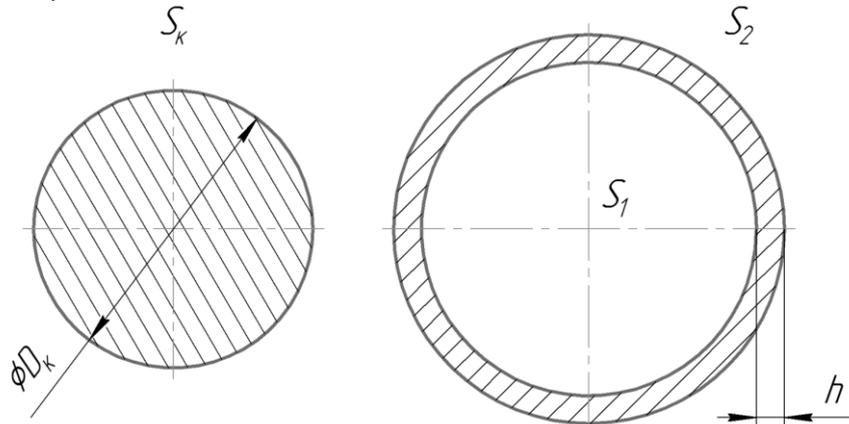


Рисунок 14 Сечения сплошной и листовой колонны

Зададим условия, что толщина листа для колонны спиралифта должна быть 2 мм

Площадь найденного сечения колонны вычисляется:

$$S = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4} = F$$

Для листовой колонны:

$$S_2 - S_1 = S_k = F$$

$$\pi r_2^2 - \pi r_1^2 = \pi r_k^2 = F$$

Так же справедливо выражение

$$r_2 - r_1 = h = 2 \text{ мм}$$

Составим и решим систему уравнений

$$\begin{cases} D_k = 2^2 \sqrt{r_2^2 - r_1^2} \\ r_2 - r_1 = 2 \end{cases}$$

колонны, можно на основании его рассчитать геометрические параметры колонны из листовых стенок. Для начала выразим из получившегося значения диаметр

$$D = 2^2 \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$D = 131 \text{ мм}$$

$$\begin{cases} 131 = 2^2 \sqrt{r_2^2 - r_1^2} \\ r_2 - r_1 = 2 \end{cases}$$

Решение

При значениях

$$r_2 = 1074 \text{ мм (107,4 см 1,074 м)}$$

$$r_1 = 1072 \text{ мм (107,2 см 1,072 м)}$$

$$\begin{aligned} S_2 - S_1 &= (3,14 * 107,4 * 107,4) \\ &\quad - (3,14 * 107,2 * 107,2) \\ &= 134,7688 \text{ см}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Т.е. } S_2 - S_1 = 134,7688 \text{ см}^2 = S_k = F$$

Уравнение решено верно

Воспользуемся САЕ расчетом для того чтобы убедиться в правильности полученного результата:

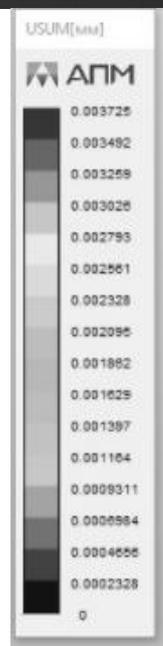
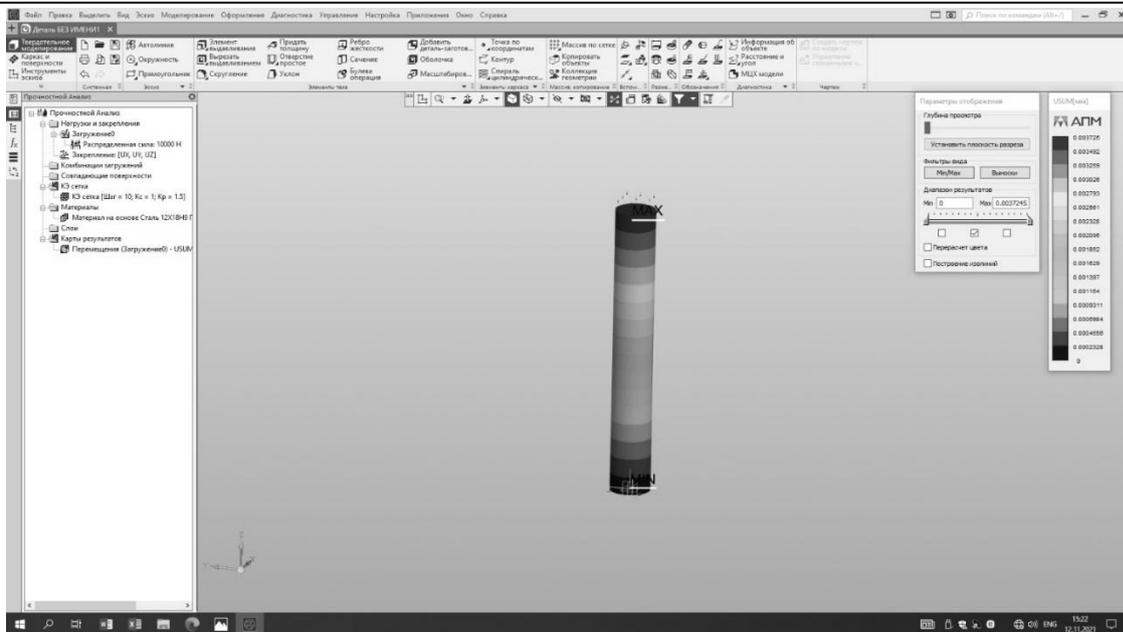


Рисунок 15. Результаты CAE расчета

Согласно рисунку 15, деформации колонны при нагрузке в 10кН составляют не более 0,003725 мм, т.е. 3,725 мкм

Считаю данный результат приемлемы.

Получившиеся габариты следует разделить на количество шагов винтовой линии. Данный параметр определяет габариты установки, алгоритм его расчета куда более сложен и объемен.

Так же можно значительно уменьшить (почти в 1,7-2,3 раза) получившийся диаметр колонны, применяя двухслойную накрутку ленты (рис 16).



Рисунок 16 Пример двуслойной колонны

Вывод. Достоинства и недостатки.

Приводы выпаленные по технологии спиралифт имеют ряд неоспоримых преимуществ. Это:

- ✓ компактность в сложенном виде
- ✓ надежность
- ✓ легкость установки
- ✓ возможность изменения параметров системы для более гибкой наладки
- ✓ минимальное техническое обслуживание
- ✓ высокая прочность приводов

Однако за всем этим скрываются достаточно весомые технологические сложности при производстве.

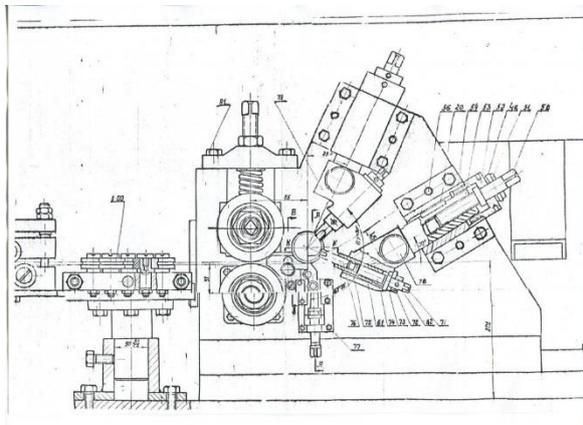


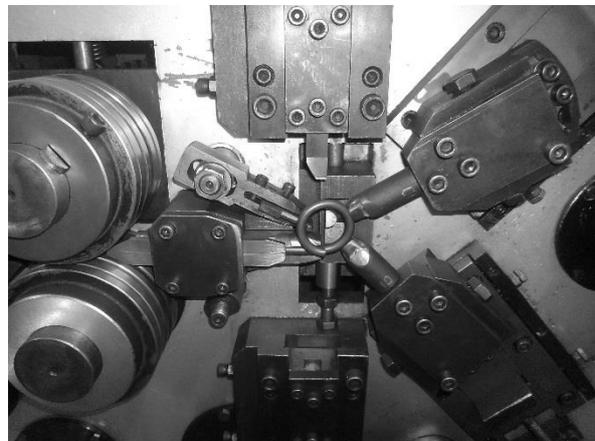
Рисунок 17 Оборудование для изготовления пружин

возникают деформации в материале, которые могут повлиять на геометрические размеры уступов, входящих в зацепление с разъемами на ленте.

В-третьих, разъемы на ленте являются ничем иным как разверткой, причем шаг разъемов должен меняться согласно расположению уступов на пружине. Положение уступов на винтовой линии пружины рассчитывается и задается до накрутки, и если вдруг во время накрутки произошло смещения рабочих органов станка, то положение уступов будет смещено. В таком случае при раскрытии колонны может возникнуть отсутствие зацепления на протяжении нескольких шагов, что приведет к разрушению колонны.

Во-первых, для обеспечения максимальной прочности и надёжности, необходимо чтобы точки зацепления (ступени) пружины и ленты не перекрывали друг друга (т.е. не совпадали на протяжении нескольких шагов винтовой линии) как это изображено на рисунке 8.

Во-вторых, возникают трудности с накруткой пружины нестандартного сечения. При накрутке таких (прямоугольно сечения с уступами) пружин на станках аналогичных тем что изображены на рисунке 17



Дорабатывать совмещение уступов пружины с отверстиями в ленте после накрутки уже не представится возможным, так как развернутая лента по длине может достигать огромных величин длины.

В-четвертых, при скручивании ленты могут возникать нарушения сплошности в материале. Проконтролировать в скрученном состоянии все поверхности посредством неразрушающего контроля не представляется возможным.

В-пятых, при эксплуатации привода, лента после некоторых раскрытий и скрытий колонны может деформироваться. Особенно если работа привода происходила в критических условиях. Проконтролировать целостность всех элементов привода поле нескольких циклов работы невозможно.

В-шестых, проворот привода при запуске требует от подведенного к нему двигателя большого момента. Если страгивание выходного вала двигателя произойдет с задержкой из-за трудности с про-

кручиванием редуктора (см рис 18) и шнека привода, колонна в системе будет раскручиваться не согласовано с другими приводами системы. Причиной задержки страгивания механизма может послужить обыкновенное запыление.

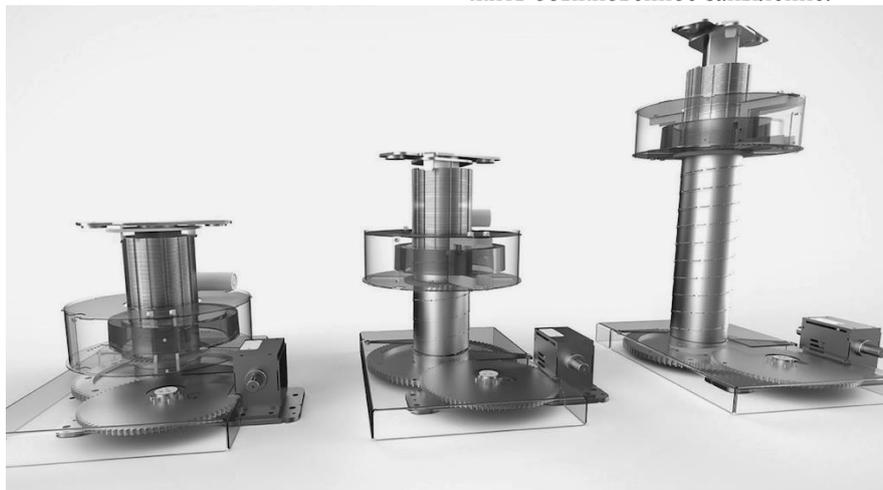


Рисунок 18 Спиральфты с электродвигателями и редукторами

Список сложностей с которым возможно придется столкнуться при производстве и эксплуатации во многих сферах трудовой деятельности человека поставит крест на целесообразности применения спиральфты. Однако инженерная мысль не стоит на месте и возможно появление более эффективных способов изготовления решит все вопросы по трудозатратами на изготовление таких приводов.

Список литературы

1. Российский патент 2019 года по МПК В62D61/02 RU2695479C1 ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО (<https://patent.ru/patent/RU2695479C1>)

2. Конструирование и расчет автомобиля. Расчет пружин - Ю. А. Кузьмин Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов специальности 19020165 «Автомобиле- и тракторостроение» Ульяновск 2008

3. ЭЛЕМЕНТЫ РАСЧЕТОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ - В. П. БАГМУТОВ, А. А. БЕЛОВ, А. С. СТОЛЯРЧУК Учебное пособие ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2010. – 56с. ISBN 978–5–9948–0539–8

4. "Курс начертательной геометрии" Автор Фролов С.А. Издательство Москва «Машиностроение», 1983 г. <http://nachert.ru/course/>

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ С ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТОЙ КОММУТАЦИИ ДЛЯ ИМПУЛЬСНЫХ DC-DC ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Штейн Д.А.

Новосибирский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры электроники и электротехники

Севостьянов Н.А.

Новосибирский государственный технический университет, ассистент кафедры общей физики

Классен С.В.

Новосибирский государственный технический университет, младший научный сотрудник института силовой электроники

Курочкин Д.А.

Новосибирский государственный технический университет, лаборант института силовой электроники

CONTROL TECHNIQUE WITH DETERMINISTIC VARIABLE SWITCHING FREQUENCY FOR PULSE DC-DC POWER CONVERTERS

Shtein D.

Novosibirsk State Technical University, Senior Lecturer of the Department of Electronics and Electrical Engineering

Sevostyanov N.

Novosibirsk State Technical University, Assistant of the Department of General Physics

Klassen S.

Novosibirsk State Technical University, Junior Researcher of the Institute of Power Electronics

Kurochkin D.

Novosibirsk State Technical University, Laboratory Assistant of the Institute of Power Electronics

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-64-68](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-64-68)

Аннотация

Современное развитие устройств силовой электроники, направленное на повышение энергетической эффективности преобразователей электрической энергии, требует значительного повышения частоты коммутации силовых полупроводниковых ключей, что, в свою очередь, влечет ухудшение электромагнитной совместимости (ЭМС) устройства из-за увеличения уровня электромагнитных помех (ЭМП). Высокий уровень ЭМП может негативно влиять на работоспособность как самого преобразователя электрической энергии, так и иного электронного оборудования, находящегося поблизости и/или подключенного к той же питающей сети. По этой причине ЭМС статических преобразователей электрической энергии жестко регламентируется государственными и международными стандартами. В данной работе предложен новый алгоритм управления импульсными DC-DC преобразователями электрической энергии с переменной частотой коммутации, изменяющейся по детерминированному закону. Такой способ управления позволяет существенно изменять спектральный состав входного тока преобразователя распределяя его в широком частотном диапазоне и улучшая тем самым ЭМС устройства.

Abstract

The modern development of power electronics devices aims to improve the energy efficiency of power converters and requires a significant increase in the switching frequency of power semiconductor switches, which entails a decrease in the electromagnetic compatibility (EMC) of the device due to an increase in the level of electromagnetic interference (EMI). A high level of EMI can negatively affect the performance of the power converter or other electronic equipment located nearby and/or connected to the same supply network. For this reason, the EMC of the static power converters is strictly regulated by national and international standards. This work is dedicated to study of the control algorithm for pulsed DC-DC power converters with a variable switching frequency, changing according to a deterministic modulation form. This control technique allows to significantly change the spectral composition of the converter input current, distributing it over a wide frequency range and thereby improving the EMC of the device.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, электромагнитные помехи, понижающий DC-DC преобразователь электрической энергии, спектральный состав, переменная частота коммутации.

Keywords: electromagnetic compatibility, electromagnetic interference, buck DC-DC power converter, spectral composition, variable switching frequency.

Введение

Уровень ЭМП прямо пропорционально зависит от качества потребляемого тока преобразователя электрической энергии и, соответственно, от

его спектрального состава. В настоящее время существуют различные способы повышения качества входного тока и улучшения ЭМС преобразователя.

Самым распространенным решением является применение дополнительных фильтров ЭМП [1]-[5]. Однако такой способ ведет к повышению стоимости изделия и ухудшению удельных энергетических показателей ввиду увеличения массы и габаритов. Существуют также различные методы повышения ЭМС путем изменения спектра входного тока с помощью алгоритма управления. Чаще всего в таком случае используется стохастический закон изменения частоты коммутации силовых ключей преобразователя, что позволяет существенно уменьшить амплитуду гармоник в спектре входного тока [6]-[10]. Однако стохастический закон управления имеет ряд существенных недостатков таких как сложность анализа электромагнитных процессов и качества электрической энергии преобразователя, а также сложность реализации закона управления и проектирования устройства в целом. В связи с этим преобразователи с переменной частотой коммутации, изменяющейся по стохастическому закону, не получили в настоящее время широкого распространения.

В данной работе представлено исследование алгоритма управления с переменной частотой коммутации для повышения электромагнитной совместимости DC-DC преобразователей электрической энергии. Рассмотрено два простейших закона изменения частоты коммутации – синусоидальный и треугольный. Получены математические модели и количественные показатели эффективности предложенных законов модуляции, произведен их сравнительный анализ.

Математическая модель

В работе проведено исследование и сравнительный анализ гармонического состава входного тока понижающего DC-DC преобразователя при использовании предложенного алгоритма управления с переменной частотой коммутации, изменяющейся по детерминированному закону. Для исследования выбран понижающий DC-DC преобразователь без входного фильтра (Рис. 1), так как преобразователи такого типа потребляют прерывистый входной ток, вследствие чего имеют низкую ЭМС.

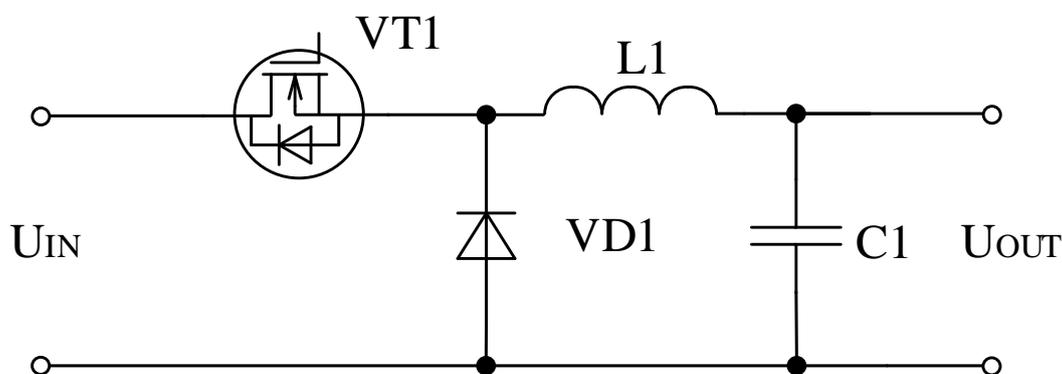


Рис.1. Понижающий импульсный DC-DC преобразователь без входного фильтра.

Предполагается, что выходное напряжение преобразователя управляется длительностью импульсов управления (ШИР), в то время как частотная модуляция используется только для изменения спектра входного тока. В таком случае входной ток

$$I_{IN}(t) = I_A \cdot D \cdot \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \sin c(k \cdot \pi \cdot D) \cdot \exp(i \cdot k \cdot (\omega_1 \cdot t + \Theta(t)))$$

где:

- I_A амплитуда входного тока преобразователя

$$I_A = P / U_{OUT}$$

- D относительный коэффициент заполнения импульсов управления;

- ω_1 опорная радиальная частота импульсов управления;

- P выходная мощность преобразователя;

- $\Theta(t)$ фазовый угол.

При частотной модуляции фазовый угол зависит от времени и определяется выражением:

$$\Theta(t) = A_M \cdot \int F_M(t) dt$$

где:

понижающего преобразователя представляет собой модулированную по частоте последовательность прямоугольных импульсов и определяется выражением:

- $F_M(t)$ функция модулирующего сигнала – периодическая функция с частотой f_2 ($\omega_2 = 2 \cdot \pi \cdot f_2$);

- A_M амплитуда модулирующего сигнала.

Таким образом $\Theta(t)$ определяет форму, частоту и амплитуду модулирующего сигнала:

1. При постоянной частоте коммутации:

$$\Theta(t) = 0$$

2. При переменной частоте коммутации, изменяющейся по синусоидальному закону:

$$\Theta(t) = \frac{A_M}{f_2} \cdot \cos(\omega_2 \cdot t)$$

3. При переменной частоте коммутации, изменяющейся по треугольному закону:

$$\Theta(t) = \frac{A_M}{f_2} \cdot \frac{8}{\pi^2} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{k-1}{2}} \cdot \sin(k \cdot \omega_2 \cdot t) \cdot \sin\left(\frac{k \cdot \pi}{2}\right)}{k^3}$$

Согласно представленным выражениям изменение частоты коммутации силовых ключей преобразователя происходит путем добавления к основной (опорной) частоте коммутации модулирующего сигнала определенной формы. Очевидно, что изменение спектрального состава входного тока будет зависеть от амплитуды и частоты модулирующего сигнала.

Результаты математического моделирования

Для оценки эффективности использования переменной частоты коммутации проведено измерение амплитуды наибольшей гармоники спектра входного тока преобразователя при различных величинах амплитуды и частоты модулирующего сигнала. Для наглядности анализа все величины представлены в относительных единицах – амплитуда наибольшей гармоники спектра входного тока преобразователя при переменной частоте коммутации измерялась относительно амплитуды наибольшей гармоники спектра входного тока преобразователя при постоянной частоте коммутации (1), амплитуда модулирующего сигнала изменялась в процентах относительно опорной частоты импульсов управления (2), а частота модулирующего сигнала изменялась кратно опорной частоте (3).

Относительная амплитуда наибольшей гармоники спектра входного тока преобразователя:

$$I_{VF(MAX)}^* = I_{VF(MAX)} / I_{CF(MAX)} \quad (1)$$

где:

- $I_{VF(MAX)}$ – амплитуда наибольшей гармоники спектра входного тока преобразователя при переменной частоте коммутации;

- $I_{CF(MAX)}$ – амплитуда наибольшей гармоники спектра входного тока преобразователя при постоянной частоте коммутации.

Относительная амплитуда модулирующего сигнала:

$$\Delta f^* = \frac{A_M}{f_1} \cdot 100\% \quad (2)$$

Кратность частот опорного и модулирующего сигналов:

$$K = f_1 / f_2 \quad (3)$$

Зависимости относительной амплитуды наибольшей гармоники в спектре входного тока преобразователя от амплитуды и частоты синусоидального и треугольного модулирующего сигнала представлены на Рис. 3 и 4 соответственно.

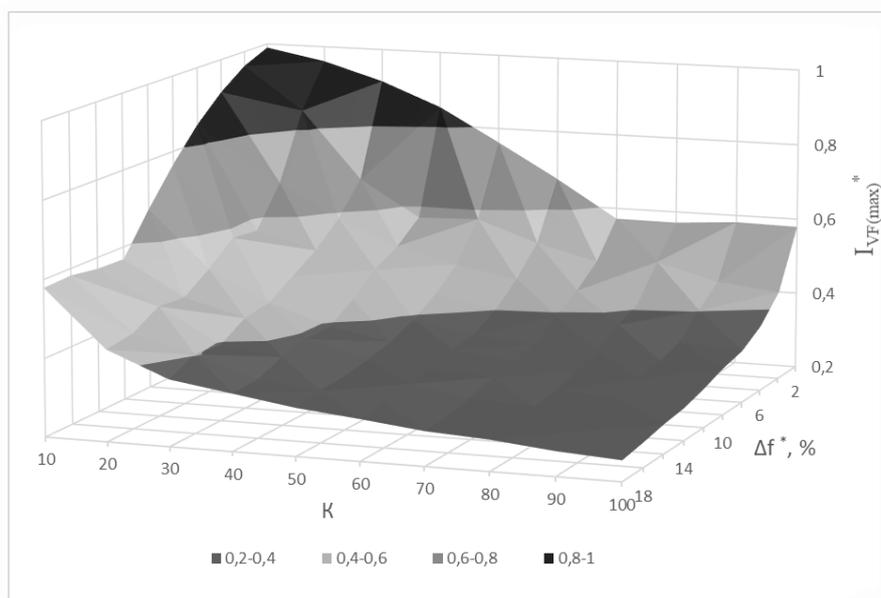


Рис. 3. Синусоидальный закон изменения частоты коммутации.

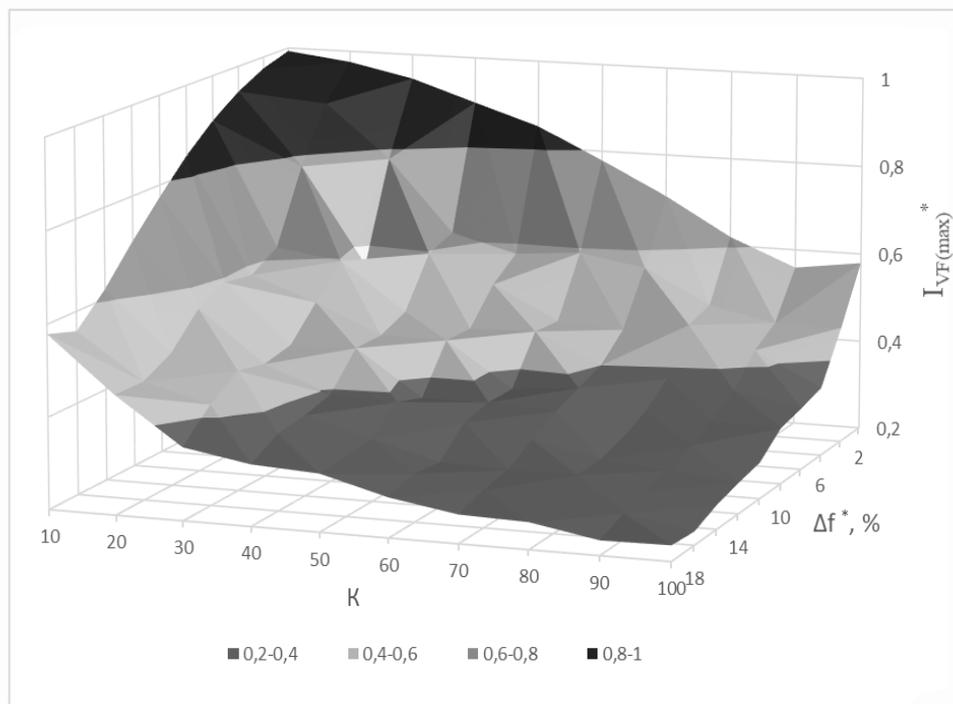


Рис. 4. Треугольный закон изменения частоты коммутации.

Очевидно, что оба модулирующих сигнала имеют высокую эффективность и позволяют в 4 раза уменьшить амплитуду наибольшей гармоники в спектре входного тока преобразователя по сравнению с алгоритмом управления с постоянной частотой коммутации. При этом треугольный закон изменения частоты коммутации является проще с точки зрения практической реализации.

Заключение

Алгоритм управления с переменной частотой коммутации, изменяющейся по детерминированному закону, позволяет существенно изменять спектральный состав входного тока преобразователя, уменьшая амплитуду гармоник и повышая ЭМС и, в тоже время, сохранить определенность электромагнитных процессов и однозначность энергетических характеристик преобразователя. При этом высокая эффективность алгоритма достигается уже при кратности опорной и модулирующей частоты равной 60. Дальнейшее увеличение кратности незначительно влияет на изменение амплитуды наибольшей гармоники. Полученные математические выражения позволяют определять спектральный состав входного тока понижающего DC-DC преобразователя с переменной частотой коммутации в зависимости от амплитуды и частоты модулирующего сигнала синусоидальной и треугольной формы. Созданная аналитическая модель может быть адаптирована для импульсных преобразователей других типов и модулирующих сигналов другой формы.

Предложенный алгоритм прост в реализации и может применяться в уже спроектированных преобразователях электрической энергии, так как не требует дополнительных специфических модулей управления и программных функций.

«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках научного проекта № 20-48-543020»

Список литературы

1. S. Zheng, S. Wang and B. -L. Li, "The application of multi-stage EMI filter design method in planar EMI filter," 2015 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), Taipei, 2015, pp. 140-143.
2. L. Dai, W. Chen, Y. Yang, R. Wang and X. Yang, "Design of Active EMI Filters With the Integrated Passive Component," 2019 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Anaheim, CA, USA, 2019, pp. 640-643.
3. X. Liu, C. K. Lee and S. Y. Hui, "An Integrated Planar EMI Filter for Ultra-high Frequency Power Converters," 2007 IEEE Power Electronics Specialists Conference, Orlando, FL, 2007, pp. 1528-1534.
4. Wenjie Chen, Xu Yang and Zhaoan Wang, "An active EMI filtering technique for improving passive filter low-frequency performance," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 48, no. 1, pp. 172-177, Feb. 2006.
5. M. Ali, E. Labouré and F. Costa, "Integrated hybrid EMI filter: Study and realization of the active part," 2013 15th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE), Lille, 2013, pp. 1-8.
6. T. Tanaka, T. Ninomiya, and K. Harada, "Random-switching control in DC-to-DC converters," in 20th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, 1989, pp. 500-507.
7. A. Peyghambari, A. Dastfan, and A. Ahmadyfard, "Strategy for switching period selection in random pulse width modulation to shape the noise spectrum,"

IET Power Electron., vol. 8, no. 4, pp. 517–523, Apr. 2015.

8. G. M. Dousoky, E. M. Ahmed, and M. Shoyama, "An Adaptive Frequency Hopping Technique for Conducted-Noise Reduction in DC-DC Converters," in Proceedings of International Power Electronics and Motion Control Conference, Harbin, China, 2012

9. F. Pareschi, G. Setti, R. Rovatti, and G. Fratini, "Practical Optimization of EMI Reduction in Spread Spectrum Clock Generators with Application to Switching DC/DC Converters," IEEE Trans. Power Electron., vol. 29, no. 9, pp. 4646–4657, Sep. 2014.

10. M. Kuusma, "Variable frequency switching in power supply EMI-control: an overview," in IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, vol. 18, no. 12, pp. 18-22, Dec. 2003.

PERFORMANCE PROPERTIES OF ELECTROCHEMICAL IRON-BASED COATINGS

Yudina E.

candidate of technical sciences,

*Associate Professor at the Department of Processes and Machines in Agribusiness
FSBEI HE "Kuban GAU named after I.T. Trubilin"*

DOI: [10.24412/9215-0365-2021-78-1-68-71](https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-78-1-68-71)

Abstract

The article substantiates the system of effective hardening of machine parts operating under conditions of abrasive wear. The properties of electrochemical composite coatings based on iron with the addition of microparticles of white electrocorundum have been studied. The influence of inclusions of microparticles on the operational properties and structure of electrochemical coatings is considered. The possibility of using composite coatings for hardening the working surfaces of parts subject to abrasive wear, including the working bodies of agricultural machines, is shown.

Keywords: coating, iron, compositions, electrolyte, particles, properties, operation.

To increase the strength characteristics of parts, it is necessary to choose technological processes that do not change their microstructure. One of the tasks of these processes is to protect the recoverable parts from corrosion. These methods include the restoration of parts by applying galvanic coatings [1, 2].

Electrolytic iron coatings approach the hardness and wear resistance of hardened medium carbon steel. As a wear-resistant coating, it is rational to use them for parts made of low-carbon and medium-carbon steels, no higher than 45 or 50 steel, hardened. However, according to the data of many studies, to increase the wear resistance of parts subject to abrasive wear, it is more rational to use composite galvanic coatings (CGP) and use white electrocorundum micropowder as an additive [3].

Thus, the study of the fine structure of the QGP with inclusions of white electrocorundum grade M14 (75 kg / m³) showed that an increase in the content of particles from 0 to 8 ... 10% (vol.) Reduced the density of dislocations and microdecision of the crystal lattice, increased the size of mosaic blocks, and then almost did not affect their change [4].

The microhardness of the QGP remained at a high level, corresponding to the optimal hardness of "clean" wear-resistant coatings [5, 6]. Moreover, with the introduction of the dispersed phase DF with the particle size M7 into the sediment, the microhardness increased, passed through a maximum (at $a_v = 8.2 \dots 16.6\%$ (vol.)), and then slowly fell (Figure 1).

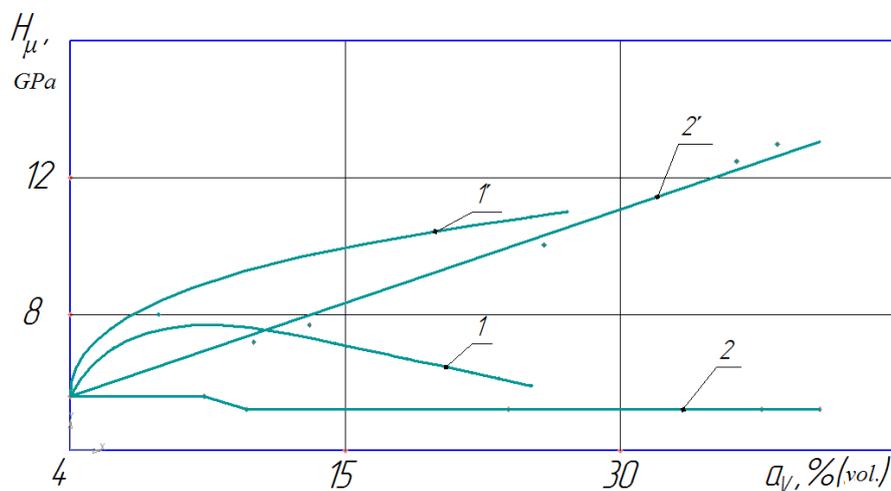


Figure 1 - Influence of the content of electrocorundum particles on the microhardness of the composition, determined by the formula -1', 2' and experimentally -1 and 2 [4]. Coating 1-Fe - Al₂O₃ (M7), 2-Fe - Al₂O₃ (M14)

With an increase in the particle size from 7 mkm to 40 mkm, their effect on the electrocrystallization process and microhardness significantly decreased (see

Figure 1, curves 1, 2) and with a high content of particles in the electrolyte (75 ... 80 kg / m³) this change is practically could not be established (Figure 2).

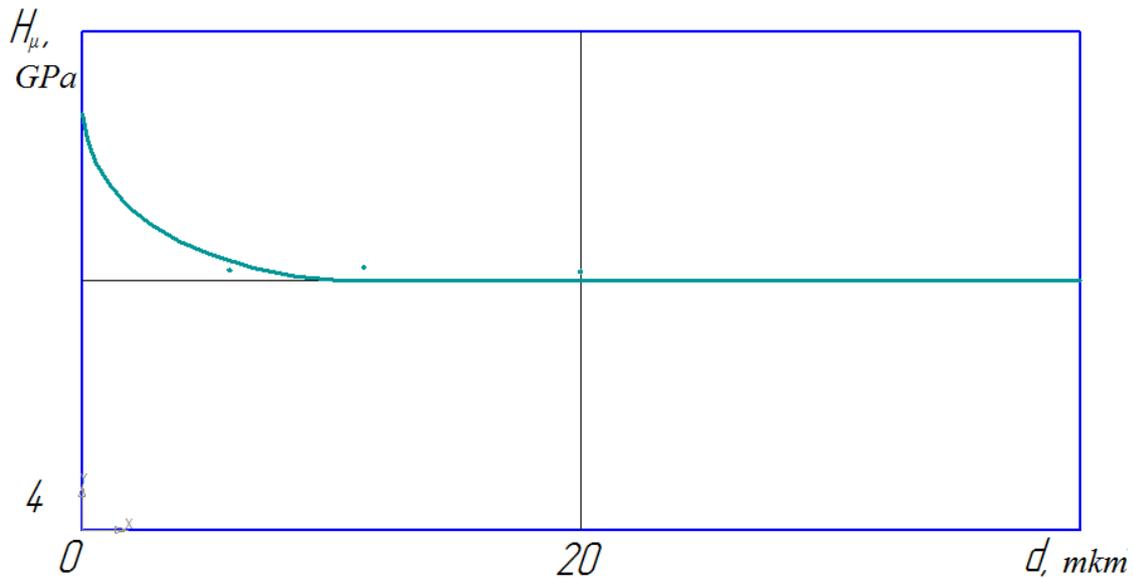


Figure 2 - Influence of the particle size DF on the change in microhardness coatings

The detected discrepancy between the amount of included solid particles and the change in the microhardness of the coatings made it possible to assume that the change in the microhardness can be caused by the effect of particles on the process of electrocrystallization of iron, leading to a change in its structure and dispersion, which is confirmed by the correlation between the change in microhardness and a change in the parameters of the submicrostructure of the QGP matrix (Figure 3).

It should be noted that the hardness of the composition (H_{μ}^k) increased in proportion to the inclusion of

particles in the coating (see Figure 3). Indeed, since for composite materials with inclusions from 1 mkm to 100 mkm, according to the literature [4], the rule of mixtures is valid, the microhardness of the composition should be determined by the ratio

$$H_{\mu}^k = VH_{\mu}^p + (1-V)H_{\mu}^M, \quad (1)$$

where H_{μ}^p and H_{μ}^M are the microhardness of the DF and metal, respectively; V is the volume fraction of DF in the composition.

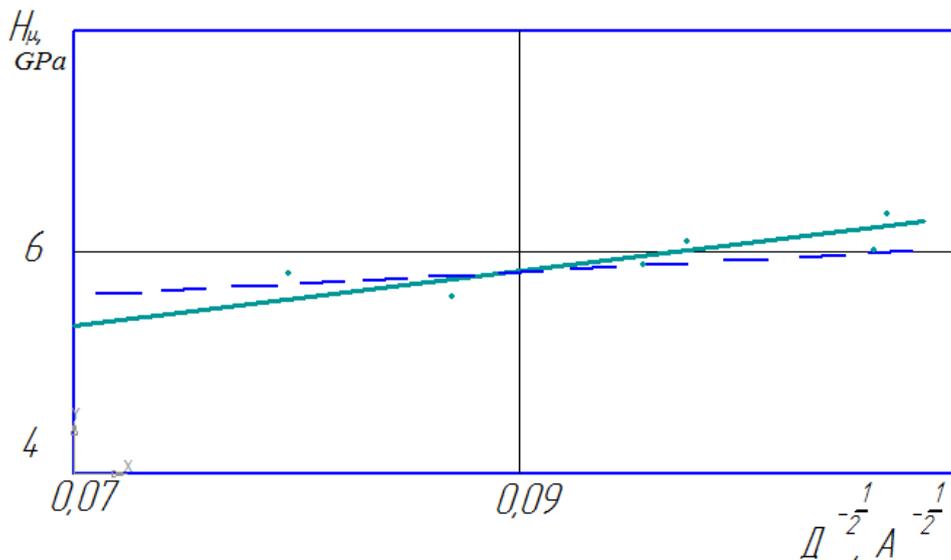


Figure 3

Dependence of the microhardness of the QGP with Al₂O₃ (M7) particles on the size of the mosaic blocks $D^{-\frac{1}{2}}$

Due to the fact that the microhardness is measured using the PMT-3 device, the value H_{μ} actually reflects the change in microhardness, and not the composite material as a whole. An additional confirmation of this fact is the analogy between the change in the microhardness determined on PMT-3 and the microhardness of pure electrolytic iron, depending on the parameter $\bar{D}^{-\frac{1}{2}}$ (see Figure 3). Therefore, considering the mechanical properties of the composition, it is necessary to take into account the microhardness calculated according to the rule of mixtures.

For the deposition of the wear resistance of the composition, along with the choice of electrolysis conditions to obtain a metal matrix, it is necessary to select the size and content of solid particles in the coating. For this purpose, it is advisable to carry out laboratory tests to determine the abrasive wear resistance of KGP.

It was established [6, 7] that solid particles were included in the coatings in an amount proportional to their content in the electrolyte (Figure 1). The dependence $a_v = f(C)$ has the character of an adsorption isotherm and approaches saturation in the region of high filler or dispersed phase (DP) contents. In this case, the sediments are of high quality, dense, light gray color, without traces of pitting and dendrites.

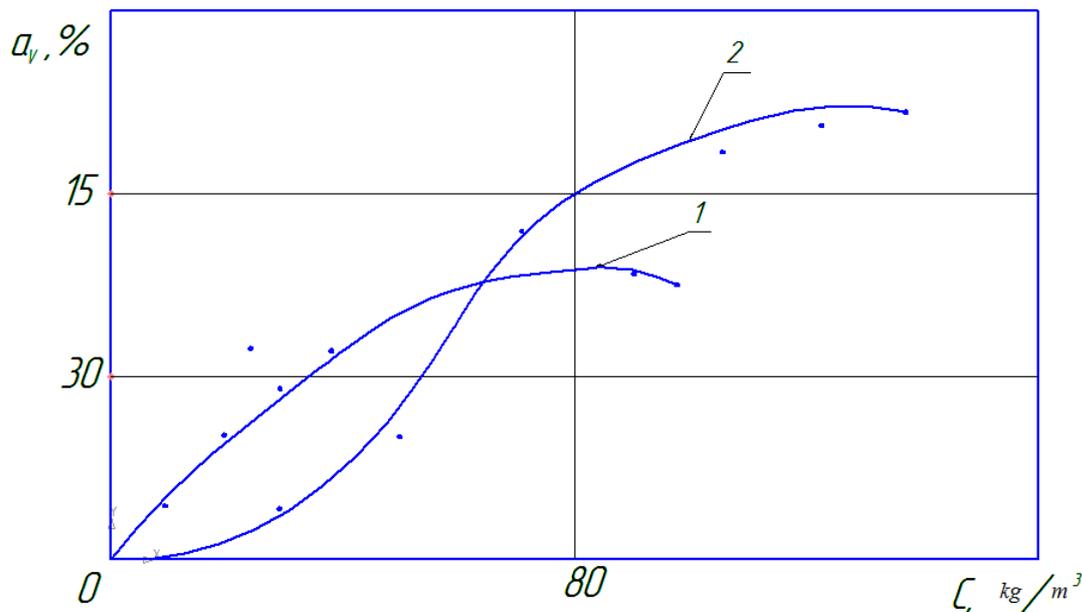


Figure 4 - Influence of the content of C particles in the electrolyte on the inclusion of white electrocorundum in the coating a_v grades 1 - M7; 2 - M14

The microstructure of electrolytic iron with the introduction of dispersed particles undergoes profound changes. "Pure" electrolytic iron has a highly dispersed layered structure, with layers parallel to the surface, layered structure, with layers parallel to the cathode surface. The coating is riddled with a dense network of cracks extending from the base.

A feature of the microstructure of composite electroplated coatings was:

- uniform distribution of the dispersed phase in the sediment;
- the absence of particles in the initial layers of the coating near the interface with the substrate, which is consistent with the literature [8, etc.] and suggests an insignificant effect of particles on the adhesion of the matrix to the base;
- reduction and disappearance of the network of cracks with an increase in the content of particles in the coatings. The nature of the fracturing itself changed: the cracks became shorter, starting and ending on the particles, their density decreased, the position of the cracks on the thin section relative to the substrate approached normal;

- a gradual increase in the thickness of the layers and the disappearance of layering with an increase in the concentration of the additive in the electrolyte and a corresponding increase in its content in the sediment.

The fine structure of the matrix also underwent significant changes. So, with an increase in the content of M7 aluminum oxide particles in the ES to 100 kg/m³, the sizes of iron mosaic blocks decreased, passed through a minimum (at 20 ... 40 kg/m³), and then increased, while microdistortions and dislocation density passed through a maximum.

According to the general provisions on the mechanism of electrocrystallization of iron and metals of the iron group in the presence of DF, solid dispersed particles, being in a stirred electrolyte, mechanically clean the cathode from hydrogen bubbles and passive films and thereby facilitate the conditions for the electrocrystallization of iron. At the same time, the particles contribute to the removal of iron hydroxide salts from the near-cathode zone and loosening of the cathode hydroxide film. As a result, the inclusion of hydroxide in the sediment decreases and the layered structure of iron coatings is disturbed.

These factors should contribute to an increase in ductility and adhesion strength between metal layers obtained under conditions of precipitation of hydroxide, which improves the mechanical properties of iron cementing solid particles. At the same time, an increase in the suspension concentration and the inclusion of particles in the precipitate, reducing the active cathode surface due to inclusions and screening by particles, complicates the process of iron electrocrystallization and probably causes corresponding changes in the structure and physicochemical properties of the precipitate. The studied properties of composite coatings make it possible to use them for hardening various parts working under conditions of abrasive wear [9, 10, 11].

References

1. Yudina, EM Increasing the resource of restored parts of agricultural machinery with composite galvanic coatings based on iron: specialty 05.20.03 "Technologies and means of maintenance in agriculture": dissertation abstract for the degree of candidate of technical sciences / Yudina Elena Mikhailovna. - Moscow, 1993. -- 16 p.
2. Yudina, EM To the definition of the relationship between the structure and strength of electroplated iron coatings / EM Yudina // Problems and prospects of innovative development of agricultural technologies: Proceedings of the XX International Scientific and Production Conference, Belgorod, May 23-25, 2016. - Belgorod: Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, 2016. -- S. 139-140.
3. Resistance of composite galvanic coatings during abrasive wear / E. M. Yudina, G. V. Guryanov, Yu. E. Kisel, A. N. Lysenko // Rural mechanic. - 2015. - No. 3. - S. 34-35.
4. Influence of the strength of the components of electrochemical composites on their wear resistance / GV Guryanov, Yu. E. Kisel, EM Yudina, MO Yudin //

Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2013. - No. 43. - S. 303-306.

5. Scattering of microhardness of composite galvanic coatings / Yu. E. Kisel, PE Kisel, GV Guryanov, EM Yudina // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2009. - No. 19. - S. 219-222.

6. Application of the finite element method for calculating elastic characteristics of composite materials / Yu. E. Kisel, PE Kisel, GV Guryanov, EM Yudina // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2009. - No. 19. - P. 235.

7. Laser hardening of composite electrochemical coatings / E. M. Yudina, G. V. Guryanov, Yu. E. Kisel, A. N. Lysenko // Rural mechanic. - 2015. - No. 2. - S. 38-39.

8. Shaidulin A.M. Increasing the adhesion strength of electrolytic iron with alloy steel when restoring parts of agricultural machinery. Abstract of thesis. diss. Chisinau, 1990.19 p.

9. Bezik, DA Electrical phenomena during soil cultivation / DA Bezik, GV Guryanov, EM Yudina // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2015. - No. 52. - S. 177-181.

10. Hydraulic control valve spool restoration by composite galvanic coating / E. M. Yudina, M. R. Kadyrov, A. S. Serguntsov, G. E. Samurganov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2020, MEACS 2020 – Novosibirsk: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012044. – DOI 10.1088/1757-899X/1064/1/012044.

11. Patent No. 2363140 C1 Russian Federation, IPC A01F 7/06, A01F 12/18. Threshing and separating device: No. 2008102187/12: Appl. 01.21.2008: publ. 10.08.2009 / M. A. Pogorelova, E. M. Yudina; applicant FSEI of Higher Professional Education "Kuban State Agrarian University".

VOL 1, No 78 (78) (2021)

The scientific heritage

(Budapest, Hungary)

The journal is registered and published in Hungary.

The journal publishes scientific studies, reports and reports about achievements in different scientific fields.

Journal is published in English, Hungarian, Polish, Russian, Ukrainian, German and French.

Articles are accepted each month.

Frequency: 24 issues per year.

Format - A4

ISSN 9215 — 0365

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

Edition of journal does not carry responsibility for the materials published in a journal.

Sending the article to the editorial the author confirms it's uniqueness and takes full responsibility for possible consequences for breaking copyright laws

Chief editor: Biro Krisztian

Managing editor: Khavash Bernat

- Gridchina Olga - Ph.D., Head of the Department of Industrial Management and Logistics (Moscow, Russian Federation)
- Singula Aleksandra - Professor, Department of Organization and Management at the University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
- Bogdanov Dmitrij - Ph.D., candidate of pedagogical sciences, managing the laboratory (Kiev, Ukraine)
- Chukurov Valeriy - Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biochemistry of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences (Minsk, Republic of Belarus)
- Torok Dezso - Doctor of Chemistry, professor, Head of the Department of Organic Chemistry (Budapest, Hungary)
- Filipiak Pawel - doctor of political sciences, pro-rector on a management by a property complex and to the public relations (Gdansk, Poland)
- Flater Karl - Doctor of legal sciences, managing the department of theory and history of the state and legal (Koln, Germany)
- Yakushev Vasilij - Candidate of engineering sciences, associate professor of department of higher mathematics (Moscow, Russian Federation)
- Bence Orban - Doctor of sociological sciences, professor of department of philosophy of religion and religious studies (Miskolc, Hungary)
- Feld Ella - Doctor of historical sciences, managing the department of historical informatics, scientific leader of Center of economic history historical faculty (Dresden, Germany)
- Owczarek Zbigniew - Doctor of philological sciences (Warsaw, Poland)
- Shashkov Oleg - Candidate of economic sciences, associate professor of department (St. Petersburg, Russian Federation)
- Gál Jenő - MD, assistant professor of history of medicine and the social sciences and humanities (Budapest, Hungary)
- Borbély Kinga - Ph.D, Professor, Department of Philosophy and History (Kosice, Slovakia)
- Eberhardt Mona - Doctor of Psychology, Professor, Chair of General Psychology and Pedagogy (Munich, Germany)
- Kramarchuk Vyacheslav - Doctor of Pharmacy, Department of Clinical Pharmacy and Clinical Pharmacology (Vinnytsia, Ukraine)

«The scientific heritage»

Editorial board address: Budapest, Kossuth Lajos utca 84,1204

E-mail: public@tsh-journal.com

Web: www.tsh-journal.com