

ISSN 1684-9310
<https://journal.kineu.kz/>

 **КИНЭУ**

НАУКА

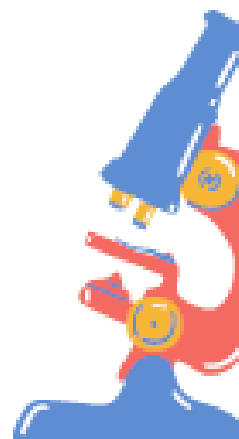
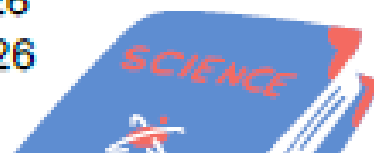
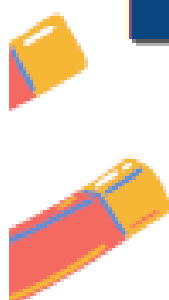
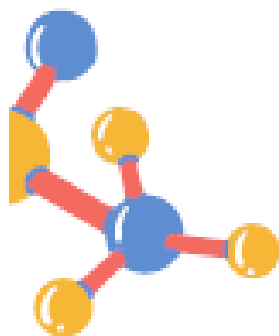
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

№1 **2026**

ЖУРНАЛ 2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ
THE MAGAZINE HAS BEEN PUBLISHED SINCE 2001
ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ С 2001 ГОДА

ЖЫЛЫНА 4 РЕТ ШЫҒАДЫ
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR
ПЕРИОДИЧНОСТЬ 4 РАЗА В ГОД

Қостанай, 2026
Kostanay, 2026
Костанай, 2026



Бас редактор Р.А. Мамедов

М. Дулатов атындағы ҚИнЭУ президенті, Қостанай, Қазақстан

Бас редактордың орынбасары Н.К. Удербаета

*PhD, М. Дулатов атындағы ҚИнЭУ ғылыми-инновациялық даму және жасанды интеллект
жөніндегі проректоры, Қостанай, Қазақстан*

Редакциялық алқа:

АСТАФЬЕВ В.Л.	т.ғ.д., проф., ҚАСХН, МААО академигі, Қостанай, Қазақстан
АСАНАЛИЕВ А.Ж.	а.ш.ғ.д., проф., Бішкек, Қырғызстан
ЕРШОВ В.Л.	а.ш.ғ.д., проф., Омбы, Ресей
КЕНДЮХ И.Г.	э.ғ.д., проф., ҚАСХН академигі, Петропавл, Қазақстан
КЕНЕНБАЕВ С.Б.	а.ш.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі, Алматы, Қазақстан
ЛОРЕТЦ О.Г.	б.ғ.д., доц., Екатеринбург, Ресей
МАХАТОВ Б. М.	а.ш.ғ.д., проф., Алматы, Қазақстан
ПОПОЛЗУХИНА Н.А.	ш.ғ.д., проф., Омбы, Ресей
САБИЕВ У.К.	т.ғ.д., проф., Омбы, Ресей
САЛАМАТОВ А.А.	п.ғ.д., доц., Челябинск, Ресей
СТЕЛЬМАХ В.В.	м.ғ.к., Қостанай, Қазақстан
СЫСОЕВ А.М.	э.ғ.д., проф., МААО академигі, Воронеж, Ресей
ТРИФОНОВА М.Ф.	а.ш.ғ.д., проф., МААО академигі, Мәскеу, Ресей
ХУДЯКОВА Е. В.,	э.ғ.д., проф., МААО академигі, Мәскеу, Ресей
ХАДАНОВИЧ В.В.	т.ғ.к., доц., МААО академигі, Қостанай, Қазақстан

Редакция мекенжайы: **М. Дулатов атындағы ҚИнЭУ, Чернышевский көш., 59, 306 каб.,
Қостанай қ., Қазақстан, 110007**

Тел.: **8-708-678-30-87**. E-mail: **nauka@kineu.kz**

Жауапты хатшы: **Б.П. Бурнашов** Техникалық хатшы: **А.А. Амантаев**

М. Дулатов атындағы ҚИнЭУ көпсалалы ғылыми-өндiрiстiк журналы
Меншiк иесi: «М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлiк-экономикалық университетi» ЖМ
Журнал 2001 жылдан бастап шығады. Мерзiмдiлiгi: жылына 4 рет
Қазақстан Республикасы Мәдениет және ақпарат министрлiгiнде тiркелген, тiркеу куәлiгi
№2086-Ж, 26.06.2001 ж.

ISSN халықаралық орталығында (ЮНЕСКО, Париж, Франция) тiркелген. ISSN коды: 1684-9310

Баспа мекенжайы: 110007, Қазақстан, Қостанай қ., Чернышевский көш., 312А, М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлiк-экономикалық университетi. Тел.: +7-777-119-99-12

© М.Дулатов атындағы Қостанай инженерлiк-экономикалық университетi

Editor-in-Chief R.A. Mamedov

President of M. Dulatov Kostanay Engineering and Economic University, Kostanay, Kazakhstan

Deputy Editor-in-Chief N.K. Uderbayeva

*PhD, Vice-Rector for Research, Innovation Development and Artificial Intelligence, M. Dulatov
Kostanay Engineering and Economic University, Kostanay, Kazakhstan*

Editorial Board:

ASTAFYEV V.L.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of KASAS, IAAO, Kostanay, Kazakhstan
ASANALIEV A.Zh.	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Bishkek, Kyrgyzstan
ERSHOV V.L.	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Omsk, Russia
KENDYUKH I.G.	Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of KASAS, Petropavlovsk, Kazakhstan
KENENBAYEV S.B.	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Almaty, Kazakhstan
LORETZ O.G.	Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Yekaterinburg, Russia
MAKHATOV B.M.	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Almaty, Kazakhstan
POPOLZUKHINA N.A.	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Omsk, Russia
SABIYEV U.K.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Omsk, Russia
SALAMATOV A.A.	Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Chelyabinsk, Russia
STELMAKH V.V.	Candidate of Medical Sciences, Kostanay, Kazakhstan
SYSOEV A.M.	Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of IAAO, Voronezh, Russia
TRIFONOVA M.F.	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of IAAO, Moscow, Russia
KHUDYAKOVA E.V.	Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of IAAO, Moscow, Russia
KHADANOVICH V.V.	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Academician of IAAO, Kostanay, Kazakhstan

Editorial Office Address: **M. Dulatov Kostanay Engineering and Economic University 59
Chernyshevsky St., office 306, Kostanay, Kazakhstan, 110007**

Tel.: **8-708-678-30-87**. E-mail: **nauka@kineu.kz**

Executive Secretary: **B.P. Burnashov** Technical Secretary: **A.A. Amantayev**

Multidisciplinary Scientific and Production Journal of M. Dulatov KEnEU

Founder: Private Institution «M. Dulatov Kostanay Engineering and Economic University»

The journal has been published since 2001. Periodicity: 4 times per year.

Registered with the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan, certificate No. 2086-Ж dated June 26, 2001.

Registered with the International ISSN Centre (UNESCO, Paris, France). ISSN: 1684-9310

Printing house address: 312A Chernyshevsky St., Kostanay, Kazakhstan, 110007 M. Dulatov Kostanay Engineering and Economic University Tel.: +7-777-119-99-12

Главный редактор Р.А. Мамедов

Президент КИиЭУ имени М. Дулатова, Костанай, Казахстан

Зам. главного редактора Н.К Удербаета

PhD, Проректор по научно инновационному развитию и искусственному интеллекту КИиЭУ имени М. Дулатова, Костанай, Казахстан

Редакционная коллегия:

АСТАФЬЕВ В.Л.	д.т.н., проф., акад. КАСХН, МААО, Костанай, Казахстан
АСАНАЛИЕВ А.Ж.	д.с.-х.н., проф., Бишкек, Кыргызстан
ЕРШОВ В.Л.	д.с.-х.н., проф., Омск, Россия
КЕНДЮХ И.Г.	д.э.н., проф., акад. КАСХН, Петропавловск, Казахстан
КЕНЕНБАЕВ С.Б.	д.с.-х.н., проф., акад. НАН РК, Алматы, Казахстан
ЛОРЕТЦ О.Г.	д.б.н., доц., Екатеринбург, Россия
МАХАТОВ Б. М.	д.с.-х.н., проф., Алматы, Казахстан
ПОПОЛЗУХИНА Н.А.	д.с.-х.н., проф., Омск, Россия
САБИЕВ У.К.	д.т.н., проф., Омск, Россия
САЛАМАТОВ А.А.	д.п.н., доц., Челябинск, Россия
СТЕЛЬМАХ В.В.	к.мед.н., Костанай, Казахстан
СЫСОЕВ А.М.	д.э.н., проф., акад. МААО, Воронеж, Россия
ТРИФОНОВА М.Ф.	д.с.-х.н., проф., акад. МААО, Москва, Россия
ХУДЯКОВА Е. В.,	д.э.н., проф., акад. МААО, Москва, Россия
ХАДАНОВИЧ В.В.	к.т.н., доц., акад. МААО, Костанай, Казахстан

Адрес редакции: **КИиЭУ имени М. Дулатова, ул. Чернышевского 59, 306 каб., г. Костанай, Казахстан, 110007**

Тел.: **8-708-678-30-87**. E-mail: **nauka@kineu.kz**

Ответственный секретарь: **Б.П. Бурнашов** Технический секретарь: **А.А. Амантаев**

Многопрофильный научно-производственный журнал КИиЭУ имени М. Дулатова
Собственник: ЧУ «Костанайский инженерно-экономический университет имени М. Дулатова»

Журнал выходит с 2001 г. Периодичность: 4 раза в год.

Зарегистрирован в Министерстве культуры и информации Республики Казахстан свидетельства о регистрации издания за № 2086-Ж от 26.06.2001г.

Зарегистрирован в Международном центре по регистрации сериальных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция). Присвоен международный код ISSN 1684-9310

Адрес типографии: 110007, Казахстан, г. Костанай, ул. Чернышевского, 312А, Костанайский инженерно-экономический университет имени М. Дулатова. Тел.: 8-777-119-99-12

МАЗМУНЫ/ CONTENT/ СОДЕРЖАНИЕ

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУ ЖӘНЕ ҚАЙТА ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ МЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

BIOLOGICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES OF PRODUCTION AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Bolat Y. <i>Methodology for Studying the Effect of Gas Distributor Grate Inclination on Grain Processing Productivity</i>	7
Mukasheva T.K. <i>Confirmation of compliance of grain quality indicators triticale</i>	12
Khussainov B.M. <i>The use of the method of degraded pasture restoration during monitoring in the West Kazakhstan region</i>	16
Бобков С.И. <i>Анализ применения элементов системы точного земледелия в различных категориях хозяйств</i>	21
Қабдолла Д.Р. <i>Цифровизация и автоматизация в пищевом производстве: вызовы и возможности</i>	27
Моисеенко О.В. <i>Анализ и выбор перспективных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Северного Казахстана</i>	31

ПЕДАГОГИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР МЕН КӘСІБИ БІЛІМ БЕРУ

PEDAGOGICAL SCIENCES AND VOCATIONAL EDUCATION

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Андрюченко О.А. <i>Развитие коммуникативных способностей у детей посредством социо-игровых технологий</i>	37
Емельянова Л.А. <i>К проблеме изучения психологических факторов неуспеваемости школьников</i>	41
Ошакбаева Ж.О. <i>Значение входной диагностики для системы планирования мероприятий по организации собственных педагогических исследований</i>	45
Попрядухина Н.Г. <i>Роль школьной адаптации в формировании успешности обучения детей младшего школьного возраста</i>	53
Попрядухина Н.Г. <i>Коррекционно-развивающая работа с эмоциональными нарушениями у детей среднего дошкольного возраста: специфика и содержание</i>	58
Швацкий А.Ю. <i>Изучение развития мелкой моторики у обучающихся с церебральным параличом</i>	64

ҚОҒАМДЫҚ ҒЫЛЫМДАР
SOCIAL SCIENCES
ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Андрюенко О.А. Особенности удовлетворенности браком в молодых семьях: сравнительный аспект зарегистрированных и незарегистрированных союзов.....	71
Швацкий А.Ю. Особенности оценки ситуаций морального выбора обучающимися подросткового возраста.....	78

НАҚТЫ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
EXACT AND TECHNICAL SCIENCES
ТОЧНЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bedych T.V. <i>Damage to the Main Equipment of Substations: The Case of Power Transformers</i>	85
Bedych T.V. <i>Analysis of emergency modes in 6-10 kV electrical networks and methods of their detection</i>	90
Zarubin M.Yu. <i>Adaptive Neural Network Control for Energy-Efficient Drying of Iron Ore Concentrate</i>	95
Kamysheva N.A. <i>Development of a Scientific and Methodological Framework for the Selection of Technological Equipment Based on a Comprehensive Efficiency Criterion and a Priori Factor Ranking: a Case Study of LLP «Grand Service Stroy»</i>	109
Kamysheva N.A. <i>Remarkable Mathematical Curves and Their Applications in Engineering</i> ...	119
Rostislavov O.A. <i>Prospective and Constraining Factors in the Development of Renewable Energy Sources in the Unified Power System of the Republic of Kazakhstan</i>	129
Rostislavov O.A. <i>Using small solar power plants to supply electricity and heat private homes and cottages, using the best practices of the European Union</i>	132
Sabitbek O.B. <i>10 kV Cable Lines, Single-Phase and Two-Phase Faults</i>	136
Арепьева С.В. <i>Применение якобиана при исследовании локальной устойчивости нелинейных систем</i>	141
Балбаев Д.Ж. <i>Исследование тепломассопереноса в капиллярно-пористых системах</i>	146
Зарубин М.Ю. <i>Влияние искусственного интеллекта и параллельных вычислений CPU/GPU на криптографию</i>	154

GRNTI 65.29.29

Y. Bolat, Senior Lecturer

Department of Energy and Mechanical Engineering

Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov

Kostanay, Kazakhstan

Methodology for Studying the Effect of Gas Distributor Grate Inclination on Grain Processing Productivity

Түйіндеме. Зерттеу барысында газ таратушы тордың еңіс бұрышының дән кептіру тиімділігіне әсері эксперименталды анықталды.

Аннотация. В исследовании экспериментально определено влияние угла наклона газораспределяющей решётки на эффективность сушки зерна.

Abstract. The study experimentally determined the effect of gas distributor slope angle on grain drying efficiency.

Түйін сөздер: дән кептіру, газ таратушы тор, еңіс бұрышы, температура, жылдамдық, өнімділік, тиімділік, эксперимент, бидай

Ключевые слова: сушка зерна, газораспределяющая решётка, угол наклона, температура, скорость, производительность, эффективность, эксперимент, пшеница.

Key words: grain drying, gas distributor, slope angle, temperature, velocity, performance, efficiency, experiment, wheat.

Introduction

The operating principle of conveyor dryers used for drying grain crops is well known. They consist of a housing that contains loading, material-moving, and unloading mechanisms—namely a hopper, a scraper conveyor, screw conveyors, and gas heating and blowing devices. Such a design is not complicated to manufacture, maintain, or repair; therefore, it is widely used in small agricultural farms (Figure 1).

Dryers of this type have a number of advantages; however, they do not utilize the flowability properties of the grain mass. As a result, it becomes necessary to use mechanical devices to ensure the movement of the grain bulk.

As is known, devices that stimulate the movement of grain mass can cause damage to the material. In installations operating without mechanical stimulation of grain movement, it is necessary to use the physical properties of the grain mass during the thermal processing process—such as flowability, self-sorting, and porosity. [1]

A patent analysis of such thermal processing installations that utilize a fluidized bed of grain mass has shown that a number of studies have been conducted aimed at increasing the productivity of these installations.

However, these studies do not provide an experimental justification for the inclination angle of the gas distribution grid; therefore, this issue remains unclear. Manufacturers and researchers have not presented a justification for the inclination angle of the gas distribution grid depending on the initial characteristics of the grain mass, nor have they evaluated the effect of this parameter on productivity and the quality of thermal processing.

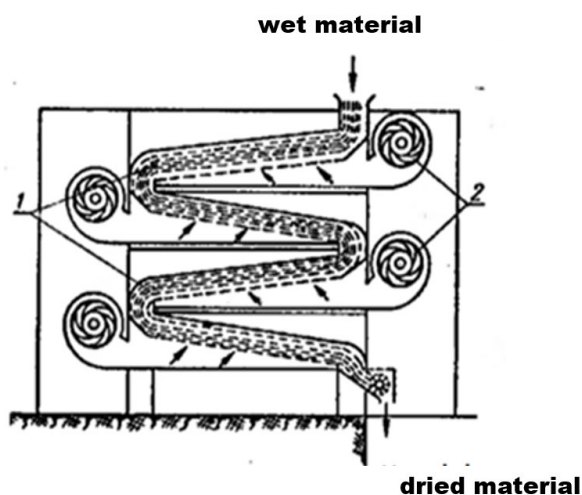


Figure 1 – Schematic diagram of the dryer:
1 – grain layer; 2 – fans

Hypothesis: It is assumed that the inclination of the gas distribution grate, under the influence of the heated air flow, ensures the discharge of dried grains and increases the productivity of the thermal processing process.

Object and methodology: The purpose of the experimental studies is to substantiate the structural and operational parameters of the drying unit and to determine the dependence of thermal processing quality indicators on the temperature of the thermal processing agent t , the agent supply velocity V , the duration of grain thermal processing τ , and the inclination angle of the gas distribution grate α .

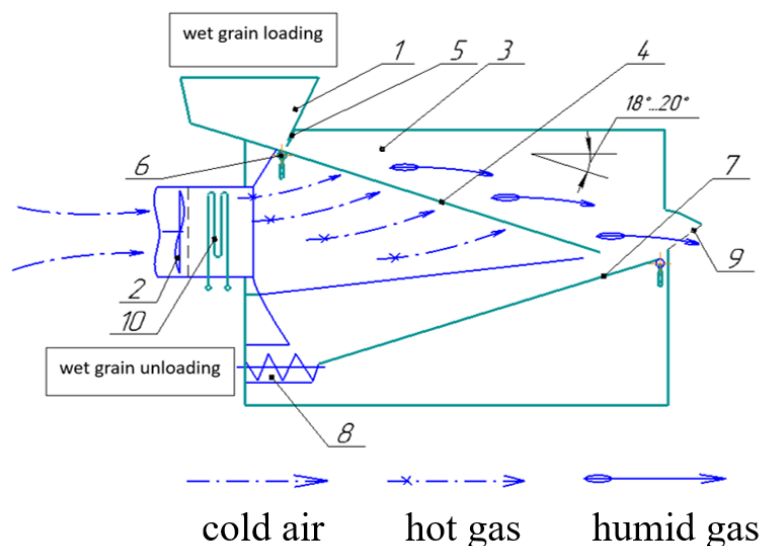


Figure 2 – Operating diagram of the unit:

- 1 – loading hopper; 2 – fan–heater (air heater); 3 – drying chamber;
 4 – perforated gas-distribution grid; 5 – feeding (loading) dosator;
 6 – mechanism for adjusting the angle of the gas-distribution grid;
 8 – discharge screw conveyor; 9 – outlet window for moist air and impurities;
 10 – electric heater.

For the experiment, we used the thermal treatment unit shown in Figure 2. This unit is designed for the thermal processing of agricultural products, particularly wheat grain. It consists of: 1 – a loading hopper, 2 – a fan-heater unit, and 3 – a drying chamber in which the grain mass moves in a sinusoidal trajectory along the gas-distribution grid 4.

Loading is carried out from the top through the loading dispenser 5. The dispenser supplies the grain mass to the surface of the gas-distribution grid in portions, which prevents excessive thickening of the material layer and its accumulation in piles. Overheating of the grain layer is prevented by regulating the inclination angle of the gas-distribution grid using mechanism 6.

At the end of the inclined gas-distribution grid of the upper layer, the material falls to the lower tier 7. The thermal treatment agent pumped by the fan passes through the perforated gas-distribution grid, blowing through the grains, drying them, and removing dust and foreign impurities through window 9.

The gas-distribution grid in the lower layer serves as a “rest zone,” where the grains undergo a cooling stage before being placed into storage. [2]

A distinctive feature of the unit is the absence of mechanisms that move the grain mass during the thermal treatment process. The movement of the grains occurs due to changes in the inclination angle of the gas-distribution grid and the sliding angle. Unlike sectional dryers, this unit allows dust removal, ensures mixing of the layer, and provides conditions for the material to remain in the rest zone. [3]

Figure 3 shows the general view of the unit.

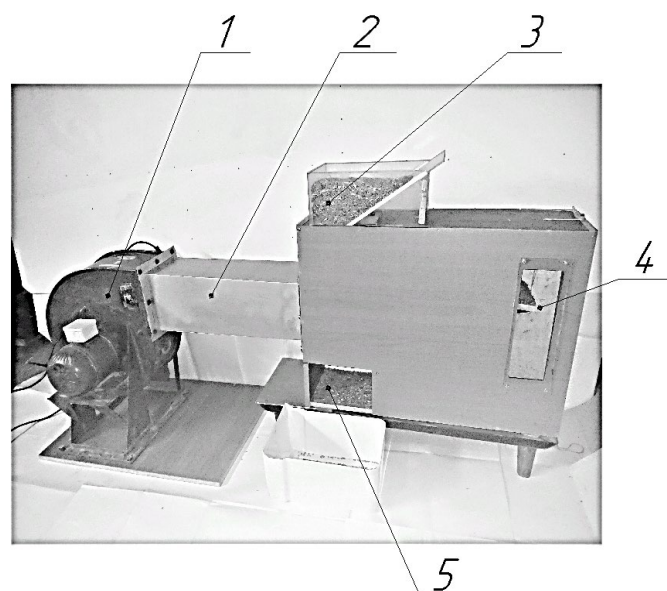


Figure 3 – General view of the installation:
1 – fan; 2 – air heater; 3 – hopper;
4 – thermal processing chamber; 5 – discharge opening.

Experimental Methodology

The experiment was carried out on a laboratory setup that allows the gas temperature to vary within the range of 60–100°C, while the initial thickness of the grain layer was up to 60 mm. Samples of grain fractions discharged from the installation were taken (Figure 4).

A series of experiments to determine the effect of gas temperature and the duration of its action on the temperature of the grain layer was conducted at drying agent velocities of $V = 2.2; 2.4; 2.6; 2.8; 3.0$ m/s. The temperature regimes of the drying agent were $t = 60; 80; 100$ °C. The inclination angle of the gas-distribution grid was $\alpha = 8^\circ$.

The fan is switched on, the required gas velocity is set, and the drying unit is heated to 60°C [4].

The gate of the loading hopper is opened, forming a 60 mm thick grain layer on the grid.



Figure 4 – Gas distribution grate:
a – general view; b – grate inclination adjustment scale.

The thermal processing chamber has an observation window through which the scale for adjusting the inclination of the sieve can be seen.

The first series of experiments is carried out at a gas temperature of $t = 60^{\circ}\text{C}$, while the gas velocity changes periodically — first 2.2 m/s, then 2.4 m/s, and further up to 3 m/s. The gas temperature and velocity are measured using a thermo-anemometer probe through an opening in the upper cover of the thermal processing chamber.

The subsequent series of experiments are conducted in the same way, but at gas temperatures of 80°C and 100°C . Each experiment is repeated at least three times.

2. To determine the effect of changing the gas temperature from 60°C to 100°C on the grain temperature depending on the exposure duration, a series of experiments is carried out with the following parameters: sieve inclination $\alpha = 8^{\circ}$; exposure duration 200 s, 400 s, and 600 s.

3. The next series of experiments is aimed at determining the relationship between the change in moisture content of grain materials and the thermal processing time, under different inclination angles of the gas-distribution grid. The temperature of the thermal processing agent is $t = 100^{\circ}\text{C}$, and the supply velocity of the agent is $V = 2.8$ m/s. The process is repeated for 400 s and 600 s. Each experiment is conducted three times. Then the process is repeated when the sieve inclination angles are 10° and 12° .

4. To prevent thermal damage to the grain, that is, to determine the heating temperature of the grain mass at different inclination angles of the gas-distribution grid, a series of experiments is conducted with the following parameters: thermal processing time $\tau = 600$ s, gas velocity $V = 2.8$ m/s, and drying agent temperature regimes $t = 80^{\circ}\text{C}$ and 100°C . The sieve inclination is set to $\alpha = 6^{\circ}, 8^{\circ}, 10^{\circ},$ and 12° .

The process is repeated at a gas temperature of $t = 100^{\circ}\text{C}$.

5. The dependence of the thermal processing time of wheat grain (τ) on the geometric parameters of the gas-distribution grid of the laboratory installation (width $B = 0.2$ m and length $l = 0.6$ m), the height of the drying layer $H = 0.06$ m, and the inclination angle of the gas-distribution grid α was determined under previously established operating parameters (temperature of the thermal processing agent t and supply velocity V). [5]

Research Results. The efficiency of thermal treatment of wheat grains in a movable layer was theoretically substantiated. The effect of the structural parameters of the gas-distributing grid frame and the thermal treatment modes on productivity, as well as the impact of changes in the frame's inclination angle, were determined.

The rational structural and operational parameters of the dryer unit for the thermal treatment of wheat grains were established: the velocity of the drying agent $V = 2.6\text{--}3.0$ m/s, the temperature of the thermal treatment agent $t = 80\text{--}100^{\circ}\text{C}$, the height of the grain layer to be dried $H = 0.05\text{--}0.06$ m, and the time required for thermal treatment of the grain $\tau = 450\text{--}500$ s; the inclination angle of the gas-distributing grid $\alpha = 8\text{--}12$ degrees.

An economic evaluation carried out showed the developed dryer unit to be more efficient compared to its analogue.

References

1) Patent 2151983 C1, Russian Federation, IPC F26B 3/08 Method for drying agricultural products [Text] / Zimin E.M., Krutov V.S., Volkhovon M.S.; Patent holder: Kostroma State Agricultural Academy. – No. 98105188/06; filed 17.03.1998; published 27.08.2000.

2) Зерносушилки Alvan Blanch. [Текст] ООО "Финпро Групп", Киев, Украина –URL: <https://finpro.group/alvan-blanch/zernosushilki>. (дата обращения 21.02.2022)

3) Гельперин Н.И. Псевдооживление [Текст] / Н.И. Гельперин, В.Г. Айнштейн. - М.: Знание, 1968. - 64 с.

4) Лыков А.В. Тепло- и массоперенос в процессах сушки. [Текст]: Уч. пособие – ГЭИ, Москва, 1956 – 466 с.

5) Муштаев В.И. Сушка в условиях пневмотранспорта. [Текст]: Ульянов В.М., Тимонин А.С. М.: Химия, 1984. – 232 с., ил

UDC: 633.19

MRNTI65.33.03

**Т.К. Mukasheva, candidate of agricultural sciences, associate professor
Department of Standardization and Food Technology
Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov
110007, Kostanay, Kazakhstan**

Confirmation of compliance of grain quality indicators triticale

Түйіндеме. Bul makalada triticale daniin sapalyk sipattamalarynyn zertteuleri berylgen. In Kazakhstan, triticale physikalik kasietterin, triticale daninin gluten sipattamalaryn, and also non-glue varieties of salystyrganda triticalenin ortasha chemically kuramyn korsetetin kesteler berilgen.

Аннотация. В данной статье представлены показатели качества исследований зерна тритикале. В таблицах представлены физические свойства зерна тритикале, выращенного в Казахстане, характеристики клейковины зерна тритикале и средний химический состав тритикале в сравнении с родительскими формами.

Abstract. This article presents studies of the quality characteristics of triticale grain. Tables are provided showing the physical properties of triticale grain grown in Kazakhstan, the gluten characteristics of triticale grain, and the average chemical composition of triticale compared to its parent varieties.

Түйінді сөздер: Triticale, dan, sapa korsetkishteri, varieties, gluten moulsheri, onimi, kuldiligi, sozylgyyshtygy, myndyk salmagy, tabigy salmagy, shyn tärizdiligi, starch, kanant moulsheri, ақуыз.

Ключевые слова: Тритикале, зерно, показатели качества, сорт, содержание глютена, производство, содержание золы, растяжимость, масса тысячи зерен, натуральный вес, стекловидность, крахмал, содержание сахара, белок.

Key words: Triticale, grain, quality indicators, variety, gluten content, production, ash content, extensibility, thousand-kernel weight, natural weight, vitreousness, starch, sugar content, protein.

Introduction

Much attention is being paid to the grain processing industry, which determines the country's socio-political stability and enhances its prestige internationally. In this regard, Kazakhstan has adopted a program to maximize its own grain supply.

One of the potential sources for increasing grain yields is the development of new crops through intergeneric hybridization. Particular attention is being paid to the development of rye hybrids known as triticale.

Interest in triticale has grown due to its well-balanced amino acid composition, a key factor in the population's diet. This has been underestimated until now, as consumers' primary motivation is taste satisfaction rather than nutritional value. The emergence of diseases associated with poor diet, environmental pollution, and protein deficiency necessitates the production of food raw materials that meet modern nutritional science requirements.

Triticale is generally high in protein and has a balanced content of essential amino acids.

The Kazakh varieties developed by our scientists also possess a number of beneficial properties, as well as distinctive structural and compositional features. All of this depends on their growing conditions.

In this regard, an important place in this article is given to a comprehensive study of the technological properties of regionalized and promising varieties of triticale grown in the Republic of Kazakhstan, and to finding ways to improve the efficiency of their use, taking into account individual characteristics.

Object and methodology. The object of the study was samples of triticale grain, the process of studying the quality indicators of grain. The subject of the study was samples of triticale grain of Kazakh varieties.

Research results.

Study of indicators characterizing the physicochemical properties of the studied triticale grain samples.

To determine the grain's natural content, an average sample of grain was freed from large impurities by sifting it through a sieve with a 6 mm diameter hole and

thoroughly mixed. To determine vitreousness, 1,000 whole grains are extracted from the clean grain remaining after contamination has been determined. Each grain is cut crosswise with a razor blade (down the middle) and, depending on the consistency of the cut, is classified into one of three groups: vitreous, partially vitreous, or mealy. The physical properties of triticale grain grown in the Republic of Kazakhstan are presented in Table 1.

Table 1 - Physical properties of triticale grain grown in the Republic of Kazakhstan

Triticale variety	Weight of 1000 grains, g	Natural, g/l	Total vitreousness, %	Density, g/cm ³	Volume of grain, mm ³
Horde	50.7	733	50	1.36	37.3
Leather	39.9	680	40	1.26	34.8
Balausea	36.7	692	32	1.38	35.6

Overall, according to the data presented in the table, triticale grain has a 1,000-kernel weight superior to that of wheat. Due to its more elongated shape and uneven surface, triticale grain is smaller than wheat in terms of grain size.

An analysis of the grain size of triticale varieties showed that these varieties are classified as medium to high grain size. Above-average grain size was observed for the Orda variety. The Orda and Kozha varieties of triticale have high vitreous grain.

Triticale grain of the Kozha variety has low density. Grain of the Balausea variety has high density.

Thus, based on physical quality indicators, the triticale varieties studied can be characterized as large grains with a high 1,000-kernel weight. The grain weight varies widely, and the grain is generally of medium vitreousness. Overall, triticale grown in the Republic of Kazakhstan exhibits average quality indicators. Based on these indicators, the best varieties are Orda and Balausea, and they can be considered the most promising.

The average chemical composition of triticale in comparison with parent forms is presented in Table 2.

Table 2 - Average chemical composition of grain crops, % of dry matter

Grain variety	Content, % of dry matter					
	squirrel	starch	sugars	fiber	fat	ash
1	2	3	4	5	6	7
Triticale Orda	13.0	65.3	2.8	2.8	1.8	1.94
Triticale Skin	13.1	63.8	2.9	2.1	1.7	2.28
Triticale Balausea	12.9	59.7	2.9	3.1	1.8	2.13
Wheat	15	2.0	1.9	70.1	3.2	1.9
Rye	12	2.3	6.5	59.5	2.4	1.8

The Kozha and Orda varieties are the most valuable in terms of protein content. The Orda variety is particularly noteworthy, containing over 65% starch. The carbohydrate profile emphasizes its own sugars, which are twice as high in triticale as in wheat. Fat content ranges from 2.1% to 3.8%, which is comparable to that of wheat.

Ash content is an important indicator of grain quality and depends on varietal characteristics and growing conditions. Ash content is crucial for monitoring the degree of husk separation from the endosperm and assessing flour quality. In the samples studied, ash content slightly exceeds that of wheat. Almost all triticale varieties have high ash content.

Characteristics of the gluten complex of triticale grain are presented in Table 3.

Table 3 - Characteristics of triticale grain gluten

	Gluten content, %			Quality group	Stretchability, cm	Hydration capacity, %
	raw	dry	IDK, single item			
Horde	9.0	2.6	81	Satisfactory Weak	10	246
Leather	18.5	5.1	91	Satisfactory Weak	12	263
Balauza	It was not possible to wash it off using the standard method.					

According to the data obtained, the amount of wet gluten in triticale is lower than that of wheat. This can be explained by the fact that triticale contains a higher amount of pentosans than wheat, which complicates the laundering process.

The rheological properties of triticale gluten make it less extensible than wheat.

The hydration capacity of the studied varieties ranged from 189 to 290%, which is on average higher than that of wheat.

Conclusions. An analysis of the conducted studies shows that, in terms of physical quality indicators, the studied triticale varieties can be characterized as large grain with a high 1000-grain weight, the grain size varies widely, and the grain is mainly of medium vitreousness.

Overall, triticale grown in the Republic of Kazakhstan has average quality indicators. Based on these indicators, the best varieties are Orda and Kozha, and they can be considered the most promising.

List of references

1 Kasyanova L.A., Urbanchik E.N. Increasing the efficiency of using triticale grain for food purposes[Text]/ E.N. Urbanchik., L.A. Kasyanova. - Minsk: Publishing center of BSU, 2018. - P.45-58.

2 Tertychnaya T.N., Theoretical and practical aspects of using triticale in the production of bakery and flour confectionery products with increased nutritional value: diss. ... doc. of agricultural sciences: 05.18.01. - Voronezh, 2019. - 466 p.

3 Research on the flour-baking qualities of winter triticale grain: L.Kh. Sukhanberdina, D.K. Tulegenova, S.E. Denizbaev et al. – (2020).

МРНТИ: 68.35.47

**B.M. Khussainov, Professor of the Department of Construction and
Technosphere Safety,
Candidate of Agricultural Sciences
Kazakhstan University of Innovative and Telecommunication Systems,
090009, Uralsk, Republic of Kazakhstan**

The use of the method of degraded pasture restoration during monitoring in the West Kazakhstan region.

Түйіндеме. Мақалада Батыс Қазақстан облысы жағдайында мониторинг жүргізу кезінде тозған жайылымдарды қалпына келтіру әдісін қолдану мәселелері қарастырылады. «Мирас» ШҚ-дағы жайылымдардың максималды өнімділігі көктемгі даму кезеңінде алынды, 2,75 т/га құрады.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы использования метода реставрации деградированных пастбищ при проведении мониторинга в условиях Западно-Казакстанской области. Максимальная продуктивность пастбищ в КХ «Мирас» получена в весенний период развития, составив 2,75 т/га.

Abstract. The article discusses the use of the method of restoration of degraded pastures in monitoring in the conditions of the West Kazakhstan region. The maximum productivity of pastures in the farm «Miras» was obtained in the spring period of development, amounting to 2.75 t/ha.

Түйін сөздер: мониторинг, шаруа қожалығы, әдіс, қалпына келтіру, деградацияланған, жайылым, өнімділік, виолента, патенттер, эксплеренттер, ксерофильді, көпжылдық, біржылдық, жемшөп, шөптер.

Ключевые слова: мониторинг, крестьянское хозяйство, метод, реставрация, деградированные, пастбище, продуктивность, виоленты, пациенты, эксплеренты, ксерофильные, многолетние, однолетние, кормовые, травы.

Keywords: monitoring, farming, method, restoration, degraded, pasture, productivity, violents, patients, explerens, xerophilic, perennial, annual, fodder, grasses.

Introduction. Currently, the preservation of biological diversity and the complete restoration of natural pasturelands in the Republic of Kazakhstan are pressing issues.

Therefore, the use of the method of degraded pasture restoration in monitoring in the conditions of the West Kazakhstan region is relevant.

In an interview with the Turkistan newspaper on January 5, 2026, President Tokayev said that in 2024, 580 billion tenge was allocated for preferential lending to farmers, and this amount doubled to 1 trillion tenge in 2025 [1].

The government is doing a lot to promote the development of agriculture, but large investments do not always lead to the desired results. It is important to focus on improving their efficiency.

Object and methodology. The theoretical basis of scientific research is the works of the classics of agronomic theory, as well as the practical work of domestic and foreign scientists in the field of agriculture.

The methodological basis of the research is a systematic approach that involves a comprehensive study of the results of monitoring the state of pastures, with the development of measures to improve them in the conditions of the West Kazakhstan region.

The research uses analytical, comparative, correlation-regression, and statistical methods, as well as field observations, experiments in the field and laboratory conditions, and mathematical modeling.

The information base of the long-term scientific research includes the annual reports of the «Miras» peasant farm, analytical materials from the Agency for Statistics of the Republic of Kazakhstan, reliable and reporting data from the Department of Agriculture of the West Kazakhstan Region, materials from domestic and foreign periodicals, and the global Internet.

Research results. Scientific research was conducted during 2024-2025 on the following relevant topic: «Monitoring the current state of pastures and developing measures to improve them in the West Kazakhstan region» at the production base of the «Miras» peasant farm in Bokeyordinsky district.

The purpose of the scientific research is to use the method of restoring degraded pastures during monitoring in the West Kazakhstan region.

The farm «Miras» was established in 2012 and is currently operating in full compliance with the legislation of the Republic of Kazakhstan.

According to the scientific works of a team of researchers led by the Soviet scientist L.E. Rodin, it is known that all modern arid or desert ecological systems are secondary biological structures and anthropogenic formations [2].

Thus, scientists and specialists have developed an ecological principle of floristic features of herbaceous plants and coenotic incomplete parthenism for modern pasture communities and physiological biocenoses.

Currently, under the influence of anthropogenic impact, namely continuous grazing of farm animals, autumn complete burning of the remains of vegetation, and sometimes deep tillage of the lands up to 30 cm, the productivity of pastures is significantly reduced.

Ecological restoration of degraded pasture ecosystems should be based on the use of polycultures or mixtures of pasture grasses.

The first method of ecological restoration is carried out by sowing a mixture of zonal-typical dominant species and life forms of grasses with intensive management of pasture lands.

In this regard, the design of such pasture ecosystems is a poly-dominant community consisting of a combination of:

1. Violent herbaceous plants through the use of a seed bank.
2. Patient xerophytic perennial species.
3. Expensive annual forage grasses [3].

According to scientists and experts, the following types of herbaceous plants are used, which is especially important, the ratio between these basic life forms should be 70:30.

Xerophilic perennial grasses that make up an average of 70 %, such as Siberian granary *Agropyron sibiricum* and desert granary *Agropyron desertorum*, Siberian reaper *Elymus sibiricus*, common *Festuca valesiaca* and Lessing's grasshopper or *Stipa lessingiana* grasshopper.

Annual grasses, which make up a minimum of 30%, include pasture grasses such as *Vicia sativa*, *Vicia villósa*, *Pisum sativum*, *Ornithopus sativus*, and *Trifolium incarnatum*.

Research shows that the average yield of spring-summer pastures is between 1.0 and 1.6 tons per hectare of dry fodder, and in unfavorable years, the yield does not fall below 0.5 to 0.7 tons per hectare. In contrast, the average long-term yield of natural pastures in the semi-desert zone or the control variant is between 0.18 and 0.32 tons per hectare.

In the semi-desert and dry steppe zone of the West Kazakhstan region, the creation of autumn-winter pasture ecosystems is an important aspect of agricultural land development.

According to the results of scientific research, it is known that the ratio of components used for the formation of autumn-winter pasture ecosystems is 80:20.

When using the method of restoration of degraded pastures in conducting monitoring in the conditions of the West Kazakhstan region, it is necessary to pay attention to the productivity of pastures of the farm «Miras».

It has been established that the highest biological productivity of pastures is observed in the spring and summer, and this indicator reaches a maximum of 0.275 kg/m² on average for 2024-2025 in the «Miras» farm.

According to domestic experts and foreign scientists, the necessary grazing of all types of livestock on natural pasturelands is the largest type of land use in the world.

Therefore, the measures taken will allow in the future to make the most of the opportunities of pasture lands for the development of the livestock industry and full provision of fodder.

Long-term empirical studies in various countries of the world, as well as the fundamental scientific provisions of ecology, the theory of complex systems and the conceptual ideas of agrarian landscapes show that at present on their basis developed and exist ecological principles of restoration of degraded pastures [4].

Research is aimed at studying the ecological principle of floristic features of herbaceous plants and coenotic incomplete division for modern pasture biocenoses and physiological communities.

In the semi-desert zone, an important aspect of agricultural land development is the creation of adapted long-term pasture ecosystems for spring and summer use.

On light chestnut soils, strip tillage is carried out in early spring using cultivators with a width of 12 to 50 m and a depth of 16-18 cm, usually across the direction of the prevailing winds.

As the plants grow in mid-May and early June, depending on the degree of weed infestation and soil compaction, cultivation is carried out to a depth of 6-8 cm.

In the autumn of the year preceding the sowing of 2023, the soil was ploughed using cultivators of the KPG-2/150 brand, flat-cutters of the KPG-250 brand, and deep-tilling units of the KPP-2.2 brand, to a depth of 20-22 cm.

Then, in the early spring of 2024, the necessary agricultural technique was carried out on the pasture lands, which involves closing the moisture in the soil using needle-type harrows of the BIG-3 brand.

Currently, the creation of long-term, year-round pasture ecosystems is an important aspect, which is advisable to create in semi-desert and dry steppe regions [5].

Therefore, immediately before sowing seeds of pasture legume-cereal grass mixtures in April 2024, the cultivation was carried out using the KPP-2.2 unit at a seeding depth of 3-5 cm.

In the early spring, in the third decade of April 2024, legume-cereal grass mixtures were sown in the «Miras» peasant farm, located in the village of Taygara in the Bokeyordinsky district, without a cover crop, using the conventional row method of sowing with the C3-3.6 stubble seeders.

The xerophytic perennial grasses, which account for a maximum of 70 %, and the annual grasses, which account for a minimum of only 30 %.

It has been established that the seeding rate for alfalfa in a grass mixture is 8 kg, and more if it is used in its pure form.

Accordingly, the seeding rate for cereal grasses, such as crested wheatgrass, is 5 kg, smooth brome grass is 8 kg, and hairgrass is 3 kg.

Based on scientific research, it can be seen that the most uniform germination of legume-cereal grass mixtures was achieved by using pre-sowing and post-sowing soil rolling with KBN-3 rollers.

Conclusions. On average, in 2024-2025, the maximum productivity of pastures in the «Miras» farm was achieved during the spring development period, reaching 2.75 tons per hectare of dry fodder.

In this case, the average profit from growing pasture grasses in 2024-2025 was 40,000 tenge per hectare, and the profitability rate was 57 %.

Energy efficiency measures the amount of additional energy produced compared to the resources used.

For example, if the energy consumption for machinery, fuel, and lubricants is 8,000 MJ per hectare, and the energy output from dry grass is 27,500 MJ, then the additional energy obtained is 3.4 times greater than the energy consumed.

In conclusion, I would like to note that the use of the method of degraded pasture restoration during monitoring in the conditions of the West Kazakhstan region shows that the cultivation of fodder grasses is considered economically profitable and energy-efficient.

List of literary sources

1. Interview with the Head of State of the Republic of Kazakhstan. Tokayev "Kazakhstan enters a new stage of modernization", newspaper "Turkistan", January 5, 2026, No. 1 (1638)

2. Kutuzova A. A., Provornaya E. E., Sedova E. G., Tsybenko N. S. Influence of species and varieties of leguminous grasses on the productivity of pasture herbage in the Non-Chernozem zone: Materials of the scientific and practical conference dedicated to the Year of Ecology in Russia. Prikaspiyskiy Research Institute of Arid Agriculture, 2021. Pp. 556-562.

3. Lukashov V. V., Isakov A. N. The Effectiveness of Using Perennial Herbs and Annual Forage Crops in the Kaluga Region // Fodder Production. 2025. No. 2. Pp. 19-22

4. Figurin V. A. Adaptation of perennial grasses to soils of different acidity levels // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2024. No. 4. Pp. 29-31.

5. Engelhardt A. N. Selected Works. Moscow: State Publishing House of Agricultural Literature. 1959. 756 p.

**С.И. Бобков, кандидат технических наук, ассоциированный профессор
кафедры «Транспорт и сервис»
Костанайский инженерно-экономического университета им. М. Дулатова
110007, г. Костанай, Казахстан**

**Анализ применения элементов системы
точного земледелия в различных категориях хозяйств**

Түйіндеме. Бұл мақалада әртүрлі шаруашылық санаттары үшін дәл егіншілік жүйесінің компоненттерінің рационалды жиынтығын рационализациялау нәтижелері ұсынылған. Зерттеу негізінде дәл егіншілік жүйесінің компоненттерімен жабдықталған заманауи машиналық жүйелер Қазақстанның солтүстік аймағындағы қолданыстағы ауыл шаруашылығы техникасы паркімен салыстырғанда өнімділікті 1,7-ден 2,3 есеге дейін арттыра алатыны анықталды.

Аннотация. В статье представлены результаты обоснования рационального набора элементов системы точного земледелия для различных категорий хозяйств. На основании проведенных исследований установлено, что современные комплексы машин, оборудованные элементами системы точного земледелия позволяют повысить производительность в 1,7...2,3 раза по сравнению с существующим парком сельскохозяйственной техники в условиях северного региона Казахстана.

Annotation. The article presents the results of substantiating a rational set of elements of the precision farming system for various categories of farms. Based on the studies carried out, it has been established that modern machine complexes equipped with elements of a precision farming system can increase productivity by 1,7 ... 2,3 times compared to the existing fleet of agricultural machinery in the northern region of Kazakhstan.

Түйін сөздер: цифрлық жүйелер, технология, еңбек өнімділігі, дәл егіншілік жүйесі, өтелу мерзімі.

Ключевые слова: цифровые системы, технология, производительность труда, система точного земледелия, срок окупаемости.

Keywords: digital systems, technology, labor productivity, system of precision agriculture, payback term.

Введение

В современных условиях аграрного производства актуален вопрос повышения производительности труда. Из-за не своевременного выполнения работ в технологии возделывания сельскохозяйственных культур потери урожая могут составлять до 25-30%. Решить проблему повышения производительности труда можно за счет рационального применения современных мощных тракторов более высокого тягового класса, зерноуборочных комбайнов более высокой пропускной способности и сельскохозяйственных машин. В свою очередь, современная сельскохозяйственная техника может применяться с цифровым оборудованием (элементами системы точного земледелия), что позволит дать прибавку к производительности и снизить затраты труда на производство сельскохозяйственных культур [1-4].

Объект и методика

Объектами исследования являются технологические процессы посева и возделывания сельскохозяйственных культур с использованием элементов системы точного земледелия.

При проведении исследований использовались теоретические и экспериментальные методы, основанные на применении основных положений земледельческой механики, теории сельскохозяйственных машин и методов испытаний, регламентируемых нормативной документацией.

Результаты исследований

Анализ научно-технической литературы и производственной ситуации позволил установить, что в настоящее время основными системами и оборудованием, устанавливаемыми на сельскохозяйственную технику в точном земледелии являются:

- системы дистанционного мониторинга техники (GPS-трекеры с датчиками уровня топлива);
- системы навигации (система параллельного вождения, система автоматического вождения);
- система дифференцированного внесения средств защиты растений (ДСЗР);
- система картирования урожайности;
- система контроля (мониторинга) высева (СКВ);
- система дифференцированного внесения удобрений (ДВУ).

При этом ряд элементов системы точного земледелия могут применяться в комплексе. Применение цифровых систем в комплексе связано с тем, что системы контроля высева (СКВ), системы дифференцированного внесения минеральных удобрений (ДВУ), системы дифференцированного внесения средств защиты растений (ДСЗР), как правило, включают в комплект оборудования системы навигации или рекомендованы к использованию вместе

с ними (например, системы ДСЗР устанавливаются на опрыскиватели, которые используются в ночное время и работать без систем навигации не могут).

А системы контроля высева и системы дифференцированного внесения минеральных удобрений могут устанавливаться совместно на современных посевных комплексах. В свою очередь системы дифференцированного внесения минеральных удобрений необходимо применять совместно с системой картирования урожайности, позволяющей определять проблемные участки на полях с малой урожайностью, на которых необходимо проводить агрохимобследования для создания электронных карт полей с последующим внесением удобрений.

Кроме того, для КХ и мелких ТОО система дифференцированного внесения средств защиты при реализации всех технологий не учитывалась из-за своей высокой стоимости. Она учитывалась для средних и крупных ТОО при реализации минимальной и нулевой технологий (поскольку при почвозащитной технологии упор делается на механические способы борьбы с сорняками).

Также необходимо учитывать, что вышеперечисленные системы и оборудование, как правило, имеют высокую стоимость и зачастую не по карману для фермеров. В этой связи научными сотрудниками Костанайского филиала ТОО «НПЦ агроинженерии» был проведен технико-экономический расчет и обоснованы современные комплексы машин, применение которых позволяет повысить производительность труда при возделывании основных сельскохозяйственных культур. Расчеты проводились на примере Акмолинской области, которая является одной из основных зерносеющих областей Республики Казахстан [5].

Анализ структуры посевных площадей по Акмолинской области показал, что общая посевная площадь составляет 5064,4 тыс. га. При этом 87,83% занимают зерновые, в том числе 71,5% - пшеница. Анализ статистических данных по данным МСХ РК показал, что количество фермерских (крестьянских) хозяйств, занятых в растениеводстве, составляет 3463 шт. при их посевной площади 1052,9 тыс. га. Количество мелких, средних и крупных ТОО составляет 1485 хозяйств с общей посевной площадью 4011,5 тыс. га. При этом возрастают доли площадей, занятых под другие культуры, в частности, кукурузу на силос и сою. Установлено, что кукурузу на силос и сою в мелких КХ и ТОО, как правило, не возделывают. Эти культуры в основном выращивают в средних и крупных сельхозформированиях, где развито животноводство, а доли их площадей от посевной площади занимают не более 20%. При этом в КХ и мелких ТОО применяют зернопаровой севооборот с содержанием паров в КХ – до 33%, в ТОО – до 25%. В средних и крупных ТОО применяют, как правило, пароплососменный севооборот, при котором паров содержится до 20%.

С учетом этого и на основе анализа статистических данных сформированы 4 категории хозяйств с условными площадями возделывания

культур, для которых проводились оптимизационные расчеты. Характеристика хозяйств представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика хозяйств

Показатели	Категории хозяйств			
	Крестьянские хозяйства	Мелкие ТОО	Средние ТОО	Крупные ТОО
Средняя посевная площадь, га	до 300	до 1000	до 4500	до 15000 и выше
в том числе:				
– пары	99,0	250,0	900,0	3000,0
– зерновые	201,0	683,5	2623,7	9258,2
– кукуруза на силос, соя	–	–	655,9	2314,6
– прочие	–	66,5	320,4	427,2

С учетом применения обоснованных комплексов машин для различных категорий хозяйств (крестьянские хозяйства, мелкие, средние и крупные ТОО) в зависимости от технологии производства сельскохозяйственных культур был рассчитан срок окупаемости элементов системы точного земледелия, которыми они могут оборудоваться, и установлен их рациональный набор. На основе анализа технической литературы принималось, что срок службы элементов системы точного земледелия составляет в среднем 4-5 лет и, соответственно, если они окупаются в течении 6-10 лет и более, то их использование не рационально.

Кроме того, системы дистанционного мониторинга техники на основе GPS-навигации (например, системы GPS мониторинга «АвтоГРАФ GSM/GSM+», Teletrack TT2-21, CAP VT-10, GNS-GLONASS v. 4.7, Азимут 5.1 PRO и т.п.) в расчетах не учитывались из-за своей невысокой стоимости, которая в сравнении со стоимостью тракторов и комбайнов не отображается на экономическом эффекте.

При этом большинство современных тракторов и комбайнов выпускаются с интегрированными системами дистанционного мониторинга и датчиками расхода топлива. В этой связи данные системы необходимо рекомендовать для всех категорий хозяйств, в том числе и для мелких крестьянских хозяйств, мелких ТОО со средней посевной площадью 300 и 1000 га.

С учетом этого был определен их рациональный набор для 4-х категорий хозяйств, который представлен в таблице 2.

Таблица 2 — Рациональный набор элементов системы точного земледелия для различных категорий хозяйств

Оборудование	Крестьянское хозяйство (до 300 га)	Мелкие ТОО (до 1000 га)	Средние ТОО (до 4500 га)	Крупные ТОО (до 15000 га и более)
	Почвозащитная технология			
Системы дистанционного мониторинга техники с датчиками расхода топлива	+	+	+	+
Система параллельного вождения	–	–	+	+
Система автоматического вождения	–	–	+	+
Система автоматического вождения+СКВ+ДВУ+система картирования урожайности	–	–	–	+
Минимальная технология				
Системы дистанционного мониторинга техники с датчиками расхода топлива	+	+	+	+
Система параллельного вождения	–	–	+	+
Система автоматического вождения	–	–	+	+
Система автоматического вождения+СКВ+ДВУ+система картирования урожайности			+	+
Система автоматического вождения+СКВ+ДВУ+система картирования урожайности + ДСЗР	–	–	–	+
Нулевая технология				
Системы дистанционного мониторинга техники с датчиками расхода топлива	+	+	+	+
Система параллельного вождения	–	–	+	+
Система автоматического вождения	–	–	+	+
Система автоматического вождения+СКВ+ДВУ+система картирования урожайности	–	–	+	+
Система автоматического вождения+СКВ+ДВУ+система картирования урожайности + ДСЗР	–	–	–	+

Кроме того, нужно учитывать, что для технического переоснащения сельского хозяйства новыми тракторами, комбайнами и сельскохозяйственными машинами и их оснащением элементами системы точного земледелия необходимы серьезные финансовые вложения.

А для того, чтобы они окупались, необходимо получать прибыль, которая в растениеводстве обеспечивается только за счет хорошего урожая. В этой связи для эффективного применения современных комплексов машин, оборудованных элементами системы точного земледелия, необходимо обеспечить определенный

уровень урожайности зерновых культур, поскольку они являются основной культурой, возделываемой во всех категориях хозяйств. Их площадь посева составляют 80% и более от всей посевной площади северного региона Казахстана.

Выводы

Таким образом, установлено, что для того, чтобы окупался весь набор современных сельскохозяйственных машин, оборудованных элементами для системы точного земледелия урожайность зерновых культур должна составлять в крестьянских хозяйствах и мелких ТОО с площадью до 1000 га не менее 6,5-8,0 ц/га, в средних ТОО с площадью до 4500 га – не менее 8,0-9,0 ц/га, в крупных ТОО с площадью до 15000 и более урожайность должна составлять не менее 10,5-12,0 ц/га.

Только в этом случае хозяйства не будут работать себе в убыток, кроме того, это позволит повысить производительность труда в 1,7...2,3 раза по сравнению с применением существующего парка сельскохозяйственной техники, который на 70-80% имеет моральный и физический износ и требует обновления.

Список литературы

1. Жалнин Э.В. Точное земледелие – концепция успеха. Ж. // Сельский механизатор. – 2010. – №12. – С. 10-11.
2. Farm profits and adoption of precision agriculture: Economic research report (No.217) / U.S. Department of Agriculture: Schimmelpfennig D. – USA, 2016. – 39 p.
3. Precision agriculture'15: Papers presented at the 10th European Conference on Precision Agriculture // Wageningen Academic Publisher: J.V. Stafford. Volcani Center, Israel. – 2015. – 12-16 July 2015 – p. 91-105.
4. Precision agriculture: an opportunity for EU farmers – potential support with the CAP 2014-2020 // Joint Research Centre (JRC) of European Commission. – European Union, 2014. – 50 p.
5. Бобков С.И., Астафьев В.Л. Эффективность применения элементов системы точного земледелия в различных категориях хозяйств северного региона Казахстана // Техника и оборудование для села, 2021. – № 3. – С. 31-36.

Цифровизация и автоматизация в пищевом производстве: вызовы и возможности

Аннотация. В статье рассматриваются основные направления цифровизации и автоматизации пищевой промышленности. Отмечается, что применение технологий искусственного интеллекта, Интернета вещей и роботизации повышает эффективность, качество и безопасность продукции, снижая издержки и влияние человеческого фактора. Освещены ключевые проблемы цифровой трансформации: высокая стоимость, нехватка специалистов и риски кибербезопасности. Сделан вывод, что успешная цифровизация требует инвестиций, подготовки кадров и государственной поддержки инноваций.

Түйіндеме. Мақалада тамақ өнеркәсібін цифрландыру мен автоматтандырудың негізгі бағыттары қарастырылған. Жасанды интеллект, заттар интернеті және роботтандыру сияқты технологияларды қолдану өнімнің тиімділігін, сапасын және қауіпсіздігін арттырып, шығындар мен адам фактордың әсерін азайтатыны атап өтіледі. Цифрлық трансформацияның басты мәселелері – жоғары құны, мамандардың жетіспеушілігі және киберқауіпсіздік тәуекелдері талданған. Тамақ өндірісін сәтті цифрландыру инфрақұрылымға инвестиция салуды, кадрларды даярлауды және инновацияларды мемлекеттік қолдауды қажет ететіні анықталды.

Abstract. The article discusses the main directions of digitalization and automation in the food industry. It highlights that the use of technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things, and robotics improves production efficiency, quality, and safety while reducing costs and human error. The key challenges of digital transformation—high implementation costs, lack of qualified personnel, and cybersecurity risks—are analyzed. The study concludes that successful digitalization requires investments in infrastructure, staff training, and strong government support for innovation.

Ключевые слова: Цифровизация, автоматизация, пищевая промышленность, инновации, интеллектуальное производство, Индустрия 5.0, устойчивое развитие.

Түйінді сөздер: Цифрландыру, автоматтандыру, тамақ өнеркәсібі, инновациялар, зияткерлік өндіріс, Индустрия 5.0, тұрақты даму.

Keywords. Digitalization, Automation, Food Industry, Innovation, Intelligent Manufacturing, Industry 5.0, Sustainable Development.

Введение. За последние десятилетия цифровая трансформация стала одним из наиболее значимых направлений развития мировой промышленности, включая пищевую отрасль. Внедрение цифровых и автоматизированных технологий в производство продуктов питания преобразовало традиционные производственные системы в интеллектуальные, эффективные и управляемые данными процессы.

Цифровизация подразумевает применение цифровых технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), Интернет вещей (IoT), облачные вычисления и анализ больших данных, для повышения эффективности и качества управления. Автоматизация, в свою очередь, позволяет заменить рутинные операции интеллектуальными системами управления и роботизированным оборудованием.

Пищевая промышленность, являясь одной из крупнейших отраслей экономики, сталкивается с растущими требованиями к качеству, безопасности, прослеживаемости и снижению себестоимости продукции. Поэтому цифровая трансформация производства — не просто современная тенденция, а объективная необходимость для обеспечения конкурентоспособности и устойчивого развития.

Цель исследования. Целью статьи является анализ ключевых аспектов цифровизации и автоматизации пищевого производства, определение основных вызовов и выявление возможностей, которые открываются благодаря внедрению передовых технологий.

Методы исследования. Исследование основано на анализе научной литературы, отраслевых отчетов и международных кейсов. Проведено сравнение традиционных систем производства с цифровизированными предприятиями. Статистические данные использованы из источников FAO, OECD и Всемирного банка для оценки экономического и социального эффекта цифровой трансформации.

Результаты и обсуждение

1. Роль цифровых технологий в пищевом производстве

Цифровизация повышает прозрачность, эффективность и гибкость всех стадий производственно-сбытовой цепочки — от закупки сырья до доставки готового продукта потребителю.

• **Интернет вещей (IoT) и умные датчики** обеспечивают мониторинг параметров производства (температура, влажность, давление) в реальном времени, что повышает безопасность и стабильность качества продукции.

• **Big Data и аналитика** позволяют прогнозировать спрос, планировать обслуживание оборудования и оптимизировать производственные процессы.

• **Блокчейн** обеспечивает полную прослеживаемость происхождения продуктов, предотвращая подделки и повышая доверие потребителей.

• **Искусственный интеллект и машинное обучение** анализируют большие объемы данных, повышая точность контроля качества и управленческих решений.

Пример: в молочной промышленности интеллектуальные датчики и ИИ-системы применяются для контроля качества молока, автоматизации розлива и оптимизации энергопотребления, что снижает затраты и потери сырья.

2. Автоматизация в переработке продуктов питания

Автоматизированные технологии, включая роботизированные комплексы, конвейеры и упаковочные линии, играют ключевую роль в повышении производительности и стабильности качества.

• **Роботизированные манипуляторы** выполняют операции по нарезке, фасовке и упаковке с высокой точностью.

• **Автоматические системы контроля качества** выявляют дефекты продукции с помощью систем машинного зрения.

• **Системы автоматической мойки (CIP)** обеспечивают санитарную безопасность без участия персонала.

Преимущества автоматизации:

- увеличение скорости и стабильности производства;
- снижение трудозатрат;
- повышение безопасности рабочих мест;
- рациональное использование сырья и энергии.

Основной проблемой остаётся необходимость подготовки квалифицированных специалистов для обслуживания сложного оборудования.

3. Проблемы цифровой трансформации

Несмотря на преимущества, внедрение цифровых технологий в пищевое производство сопровождается рядом трудностей:

• высокая стоимость оборудования, программного обеспечения и обучения персонала;

• дефицит специалистов в области анализа данных, робототехники и кибербезопасности;

• сложности интеграции новых решений со старыми производственными системами;

• риски кибератак и утечек данных;

• сопротивление изменениям со стороны работников и руководства.

В Казахстане и других развивающихся странах к этим факторам добавляются ограниченный доступ к цифровой инфраструктуре и недостаточная поддержка инноваций на государственном уровне.

4. Возможности и перспективы

Несмотря на трудности, цифровизация и автоматизация открывают значительные возможности для предприятий пищевой промышленности:

- повышение конкурентоспособности за счёт снижения издержек и улучшения качества;
- повышение устойчивости и энергоэффективности производства;
- обеспечение прозрачности и безопасности продуктов питания;
- расширение экспортного потенциала и интеграция в мировые цифровые рынки.

В будущем пищевая промышленность будет развиваться в направлении «**Индустрии 5.0**», где человек и искусственный интеллект будут работать совместно, создавая гибкие, безопасные и устойчивые производственные системы.

Заключение. Цифровизация и автоматизация представляют собой основу современного развития пищевой промышленности. Они позволяют оптимизировать производственные процессы, снизить отходы, улучшить качество и безопасность продукции. Однако успешная реализация требует инвестиций в оборудование, цифровую инфраструктуру и подготовку кадров. Для Казахстана цифровая трансформация пищевого сектора является важным направлением, способным повысить производительность, укрепить продовольственную безопасность и улучшить конкурентоспособность на мировом рынке. Важным условием успеха является государственная поддержка, развитие инновационной экосистемы и сотрудничество бизнеса с научными центрами.

Список использованной литературы:

1. Назарбаев, Н. А. Послание Президента Республики Казахстан
2. народу Казахстана. Казахстан – 2050: новая политическая экономическая политика. – Астана, 2012.
3. Абдуллин, И. Ш. Цифровая трансформация промышленности: теория и практика. – Москва: Инфра-М, 2021. – 288 с.
4. Бейсенова, Р. Р., Смагулова, А. С. Индустрия 4.0 и перспективы цифровизации перерабатывающих производств. // Вестник КазАТУ им. С. Сейфуллина. – 2022. – №3. – С. 85–91.
5. Омарова, Л. Т., Ахметова, А. Н. Современные подходы к устойчивому развитию перерабатывающей отрасли. // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2021. – №5. – С. 102–108.

**О.В. Моисеенко, кандидат технических наук, профессор
кафедры «Транспорт и сервис»**

**Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова
110007, Костанай, Казахстан.**

**Анализ и выбор перспективных технологий возделывания
сельскохозяйственных культур в условиях Северного Казахстана**

Түйіндеме. Өсімдік шаруашылығын дамытудың негізгі бағыты шығынды агротехнологиялардан ресурс және энергия үнемдеу технологияларына көшу болып табылады. Дамып келе жатқан ресурстар мен энергияны үнемдейтін технологиялардың бірі - дәл егіншілік технологиялары. Осы технологияларды енгізу өсімдік шаруашылығында оңтайлы нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді. Алайда нақты егіншілік жүйесінде тракторларды, комбайндарды және ауылшаруашылық машиналарын тиімді пайдалану олардың нақты табиғи-өндірістік жағдайларға мүмкіндіктері туралы ғылыми-техникалық ақпарат негізінде мүмкін болады.

Аннотация. Основным направлением развития растениеводства является переход от затратных агротехнологий к ресурсо- и энергосберегающим технологиям. Одним из развивающихся ресурсо- и энергосберегающих технологий являются технологии точного земледелия. Внедрение данных технологий позволит достигнуть оптимальных результатов в растениеводстве. Однако эффективное использование тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин в системе точного земледелия возможно на основе научно-технической информации об их возможностях для конкретных природно-производственных условий.

Annotation. The main direction of crop production development is the transition from costly agricultural technologies to resource- and energy-saving technologies. One of the developing resource - and energy-saving technologies are precision farming technologies. The introduction of these technologies will allow achieving optimal results in crop production. However, the effective use of tractors, combines and agricultural machines in the precision farming system is possible on the basis of scientific and technical information about their capabilities for specific natural and industrial conditions.

Түйін сөздер: дәл егіншілік, автоматты жүргізу жүйесі, салыстырмалы сынақтар, технологиялар.

Ключевые слова: точное земледелие, система автоматического вождения, сравнительные испытания, технологии.

Keywords: sowing complexes, precision farming, automatic driving system, comparative tests, technologies.

Введение.

Земледелие сегодня понимается наукой и передовой практикой как ресурсосберегающее, предполагающее эффективное и рачительное использование природных и экономное расходование производственных ресурсов.

В соответствии с этим предлагались безотвальная, бесплужная, почвозащитная, плоскорезная, противоэрозионная, поверхностная (в Канаде даже подповерхностная – Subsurface), мульчирующая, влагоэнергосберегающая технологии. Теперь – минимальная или сберегающая с переходом к No-Till, то есть вообще без обработки почвы.

Высокотехнологичной моделью сельского хозяйства, направленной на максимизацию урожаев, является так называемое прецизионное или точное сельское хозяйство (precision agriculture или precision farming). С увеличением площадей обрабатываемых земель информированность земледельца о каждом гектаре становилась скуднее и скуднее. Прецизионное земледелие ставит задачу восстановить информированность человека с помощью компьютеров и техники.

Путем использования спутниковых снимков и GPS-навигаторов на тракторах, компьютеров, фиксирующих урожайность на каждом метре поля, и точно дозирующих распределителей удобрений и пестицидов прецизионное земледелие стремится привнести научную точность в процесс сельскохозяйственного производства. В контексте индустриализированного сельского хозяйства к каждому клочку поля должен практиковаться индивидуальный подход, нацеленный на сокращение доз вносимых пестицидов и удобрений до минимальных уровней для получения заданного урожая [1].

Суть технологий всегда оставалась одна: помогать почве принимать и сохранять влагу, минимально нарушая её естественное сложение и жизнь.

Самые мощные зерновые державы (США, Канада, Аргентина, Бразилия) – флагманы освоения новых технологий, в основе которых отказ от интенсивной обработки почвы. По прогрессивным энергосберегающим технологиям глубокая пахота не применяется, и урожаи не только не падают, а наоборот, стабилизируются на более высоком уровне. Канада и США с 1933-1935 годов удвоили урожай. Англия с 1951 года перешла на прямой посев и нулевую обработку земли – урожайность зерновых увеличилась там с 15-16 до 51 центнера с гектара. Мальцев Т.С. на своих полях доводил урожай пшеницы до 34-36 и более центнеров с гектара, а рядом на таких же почвах, но с применением вспашки получали в два-три раза меньше [2].

Сегодня более 100 млн. гектаров посевных площадей во всем мире обрабатывается по нулевой технологии и более 300 млн. гектаров – по

минимальной. В перспективе – внедрение экономичных ресурсо-влагосберегающих технологий на площади в 700 млн. гектаров земли. Сберегающие технологии позволяют сокращать затраты на производство зерна, одновременно получая стабильный урожай и сохраняя окружающую среду [3].

Все более широкое применение ресурсо-влагосберегающие технологии находят и в странах СНГ. В Украине хозяйство Корпорации «Агро-Союз» перешло на технологию минимальной обработки почвы, в 2001 году – на нулевую технологию по системе "No-Till". Производственные затраты сократились в 2-3 раза, при этом наблюдалось повышение урожая с 27 до 50 ц/га [4].

За годы внедрения технологий наблюдается постепенное увеличение урожайности зерновых культур при сокращении затрат. Например, в хозяйствах с хорошим уровнем менеджмента урожай зерновых составляет 30 ц/га (притом, что средний показатель по региону Северного Казахстана равен 17,4 ц/га). В хозяйствах, внедряющих ресурсосберегающие технологии, средняя себестоимость производства одной тонны зерна составляет 63 долларов США. Например, в Канаде и Австралии, где по мировым данным самая низкая себестоимость производства зерна, она равна 70 долларов.

Объект и методика.

В Казахстане производство зерна основывается на разработанной под руководством А.Бараева почвозащитной технологии возделывания, с применением севооборотов с короткой ротацией, полем чистого пара и применением почвообрабатывающих орудий плоскорезущего типа. При применении всех средств интенсификации применяемая на сегодняшний день почвозащитная технология требует значительных денежных (120-150 долл /га) и материально-технических средств. Эта технология является энергоемкой, так, на возделывание 1 га яровой пшеницы в четырехпольном зернопаровом севообороте требуется от 55 до 70 кг горюче-смазочных материалов (ГСМ), при этом основной расход ГСМ до 60-70 % приходится на обработку почвы [4].

При сложившихся обстоятельствах повышение рентабельности хозяйств и экспортных доходов от зернового сектора может быть достигнуто на основе использования энерго-влаго-ресурсосберегающей системы земледелия. Именно эта система является ключевым рычагом для выживания фермеров, занятых в производстве зерновых культур и, в частности, тех, кто работает в сложных агроклиматических условиях Северного Казахстана. Исходя из этого, основной задачей на сегодня является преобразование нынешней системы в действительно стабильную и ресурсосберегающую систему земледелия. Поэтому в Республике активизируются работы по созданию и внедрению эффективных почвозащитных технологий, таких, как прямой посев, химический пар с использованием неселективных гербицидов, замена традиционной обработки почвы технологиями минимальной и нулевой, усовершенствованные методы использования пожнивных остатков, в

частности, оставление их в максимальном количестве на поверхности поля, что позволяет накапливать снег и сохранять почвенную влагу, повышать плодородие почвы и защищать ее от ветровой и водной эрозии. Применение этих технологий должно свести к минимуму количество проводимых механизированных полевых операций и заметно уменьшить финансовые расходы на сельскохозяйственные работы [5].

Результаты исследований.

РГП «Северо-западный научно-производственный центр сельского хозяйства» МСХ РК установлено, что данная технология позволила в условиях недостаточной влагообеспеченности региона стабилизировать урожайность, увеличить выход зерна с 1 га пашни с 12,1 до 18,6 ц/га. При этом ресурсоемкость, энергоемкость производства снижены на 40% [6].

По данным МСХ РК объемы внедрения влаго-ресурсосберегающих технологий составили 5,2 млн. га или треть зернового клина страны.

Минимальная и особенно нулевая обработка – элемент интенсивных агротехнологий, возможных при достаточной обеспеченности удобрениями, пестицидами в оптимальных севооборотах при высокой культуре земледелия. Это достояние высоко профессиональных технологов. Нулевой обработке там, где она возможна, должны предшествовать очищение полей от сорняков, выравнивание поверхности почвы планировщиками с целью устранения микрорельефа, созданного постоянным применением отвальных плугов и луцильников, а также ликвидация плужной подошвы, различные мелиоративные мероприятия [7].

Переход от традиционной технологии обработки на прямой посев невозможен без наличия выровненных полей, мульчирующего слоя, восстановленной структуры почвы. Во время переходного периода, который длился почти пять лет, были налажены системы удобрения и защиты культур, созданы технологии управления растительными остатками и мульчирования, оптимизирована структура почвы, выровнены поверхности полей. Сигналом к началу перехода на нулевую обработку, то есть к посеву по стерне, стала стабилизация урожайности зерновых на отметке 50 ц/га [8].

«Опираясь на факты, мы можем говорить, что, начав внедрять No-Till, каждый фермер обязательно проходит начальную фазу (до 5 лет), переходную фазу (5-10 лет), фазу формирования (10-20 лет), и лишь в фазе сохранения (более 20 лет) достигается идеальная ситуация с максимумом преимуществ для почвы и минимумом удобрений. Пожинать все плоды преимуществ системы прямого посева можно только при условии применения сеялок с дисковыми сошниками, полного сохранения стерни и адекватного севооборота» – заявил Рольф Дерпш, независимый консультант по технологии No-Till (Парагвай), участник международной конференции по технологии сберегающего земледелия No-Till.

Ссылки на зарубежный опыт применения минимальных обработок, особенно нулевой, не всегда объективны, поскольку не соотносятся с агроэкологическими условиями, на которые можно экстраполировать тот или иной практический опыт. Например, отказ от осенней обработки на черноземах Западной Сибири менее эффективен, чем на аналогичных почвах Великих равнин Канады и США, поскольку в первом случае доля зимних осадков в годовом балансе значительно выше, чем во втором. На склоновых землях эта разница еще более возрастает в связи с увеличением поверхностного стока. Успех «нулевой технологии» в Южноамериканских странах, на которые часто ссылаются, в большой мере связан с созданием мощной мульчи из измельченных остатков кукурузы, сорго и других культур с большой растительной массой.

Выводы.

Приведённые выше сведения о применении минимальных и нулевых технологий обработки почвы в Северном Казахстане свидетельствуют о том, что данные технологии находятся на этапе становления. Для однозначного понимания сути данных технологий, МСХ РК подготовил методические указания по классификации видов ресурсосберегающих технологий, в частности, виды технологий обработки почвы классифицируются следующим образом:

1 – традиционная; 2 – сокращенная; 3 – минимальная; 4 – нулевая.

На стерневом фоне:

1. Под традиционной понимается проведение комплекса из осенней основной (зяблевой) обработки почвы, ранневесеннего закрытия влаги, химической и предпосевной обработки почвы и посева сеялками-культиваторами.

2. Под сокращенной понимается исключение одной-двух операций из комплекса.

3. Под минимальной обработкой понимается посев сеялкой-культиватором по необработанной стерне, а также посев по нулевой технологии, но по фону зяблевой обработки плоскорезами или щелевателями.

4. Под нулевой обработкой понимается посев посевными комплексами без нарушения сложения почвы, то есть однодисковыми или узкими чизельными рабочими органами.

На паровом поле:

1. Под традиционной обработкой понимается механическое уничтожение сорняков культивациями.

2. Под сокращенной обработкой понимается замена одной-двух обработок почвы гербицидами.

3. Под минимальной обработкой понимается посев сеялкой-культиватором по химическому пару, а также посев по нулевой технологии при одной механической обработке пара.

4. Под нулевой обработкой почвы понимается посев без нарушения сложения почвы по химическому пару.

Исходя из изложенного, в системе технологий и машин дано описание традиционной, минимальной и нулевой технологий. Сокращенная технология обработки почвы в каждом хозяйстве своя и практически невозможно описать все возможные её варианты.

Список литературных источников

1. Vinay Gupta. Три подхода к адаптивному сельскому хозяйству. // Агропромышленная газета юга России. – 2005. – № 2-3.
2. Мошкин, В. Понимай землю, агроном / В.Мошкин // Краевая массовая газета "Алтайская правда". – вторник, 24 апреля 2001. – № 105 (23667).
3. Данкверт, С.А. Внедрение берегающих технологий – стратегия развития зерновой промышленности / С.А Данкверт, Л.В Орлова // Волга-Бизнес. – январь 2003.
4. Скворцова, Г. При системном «No-Till» – системный успех / Г.Скворцова // Агро-Информ. – февраль 2006 (88).
5. Двуреченский, В.И. Влагоресурсосберегающие технологии производства зерна / В.И.Двуреченский. – Костанай: ТОО Издательский Дом, 2002. – 60 с.
6. Сайт СЗНПЦСХ, www.777.kst.kz.
7. Кирюшин, В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия / В.И.Кирюшин // Земледелие. – 2006. – № 5.
8. Насонова, Д. Бережливый подход / Д.Насонова // Агробизнес – 2004. – №7.

МРНТИ: 15.41.49.

**О.А. Андриенко, доцент кафедры психологии и педагогики,
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ
462403, Орск, Россия**

Развитие коммуникативных способностей у детей посредством социо-игровых технологий

Аннотация

В данной статье рассматривается проблема развития коммуникативной сферы у детей старшего дошкольного возраста в условиях дошкольного образовательного учреждения. Представлен анализ применения социо-игровой технологии как эффективного средства развития коммуникативных способностей детей.

Ключевые слова: коммуникативные способности, развитие коммуникативных способностей дошкольников, социо-игровые педагогические технологии.

Abstract

This article discusses the problem of developing the communicative sphere in older preschool children in a preschool educational institution. It presents an analysis of the use of socio-game technology as an effective means of developing children's communicative abilities.

Key words: communicative abilities, development of communicative abilities in preschoolers, and socio-game pedagogical technologies.

Введение

Современная педагогическая наука и практика все чаще обращаются к поиску эффективных методов формирования коммуникативных навыков у подрастающего поколения. В условиях цифровизации и снижения непосредственного живого общения особую актуальность приобретают технологии, способные восполнить дефицит межличностного взаимодействия. Одним из перспективных направлений в этой области выступает социо-игровая технология [1; 7].

Социо-игровая технология представляет собой совокупность приемов и методов организации образовательной деятельности, основанных на игровом взаимодействии детей в малых группах [2; 3].

Авторами данного подхода являются Е.Е. Шулешко, В.М. Букатов и А.П. Ершова, которые определили его сущность как «игру-жизнь между микрогруппами детей (малыми социумами – отсюда и термин «социо-игровая») и одновременно внутри каждой из них» [3].

Ключевая идея заключается не в прямом обучении, а в создании ситуаций, «когда их участникам хочется доверять и друг другу, и своему собственному опыту, в результате чего происходит эффект добровольного обучения, научения и тренировки» [5].

В основе социо-игровой технологии лежат несколько фундаментальных принципов.

Во-первых, это работа в малых группах (оптимально по 5–6 человек), что позволяет каждому ребенку быть активным участником взаимодействия [2].

Во-вторых, обязательная смена лидерства и состава групп, обеспечивающая приобретение опыта общения с разными партнерами [4].

В-третьих, интеграция различных видов деятельности и свободное передвижение детей в пространстве, что способствует снятию эмоционального напряжения и поддержанию познавательной активности [6].

Важной характеристикой социо-игрового подхода является изменение позиции педагога: из транслятора знаний и строгого оценщика он превращается в равноправного партнера, организатора игрового взаимодействия, что разрушает традиционный барьер между воспитателем и воспитанниками [2].

Снятие с педагога судейской роли передается самим детям, что способствует формированию у них ответственности и самостоятельности [3].

Объект и методика

Цель исследования: изучение опыта применения социо-игровых технологий для развития коммуникативных способностей детей.

Объектом исследования является коммуникативная сфера старшего дошкольника.

Предметом исследования являются социо-игровые технологии развития коммуникативной сферы детей старшего дошкольного возраста.

Результаты исследований

Авторами социо-игрового подхода в образовании являются Евгений Евгеньевич Шулешко, Вячеслав Михайлович Букатов, Александра Петровна Ершова.

Понятие социо-игрового стиля в педагогике было предложено в 1988 г. Необходимость нововведения была связана с особенностями изменения в обществе, что повлекло за собой демократизацию и гуманизацию образовательного процесса. Социо-игровой стиль основывается на гуманистических идеях театральной педагогики и педагогики сотрудничества [3].

Основная идея социо-игрового подхода: организация совместной деятельности, в которой ребенок хочет заниматься и в которой он слушает, смотрит, говорит и делает.

К правилам социо-игрового подхода относят: работа малыми группами, смена лидерства в группах, перемещение при смене мизансцен; смена темпа и ритма деятельности; интеграция видов деятельности; полифония (ориентация на развивающий эффект).

Работа малыми группами предполагает объединение детей по 3-6 человек разнообразными способами: по желанию, по цвету глаз, одежды и др.; по выбранным одинаковым геометрическим фигурам, картинкам с изображением животных, растений, предметов одежды, которые можно объединить по какому-либо признаку в одну группу и т.п.; объединение путем образования целого: разрезные картинки, сюжетные картинки, по которым можно составить рассказ; расчету на 1, 2, 3; по частям суток и т.п.

Смена лидерства в группах. В каждой малой выбирается лидер, который распределяет действия участников в группе, контролирует время выполнения задания, озвучивает результат. Выбор лидера осуществляется участниками группы (по желанию, по метке на картинке, по считалке, самый высокий-самый низкий и т.д.). На каждом игровом этапе лидер может меняться.

Перемещение при смене мизансцен. Во время проведения игр-заданий предусматривается перемещение команд в пространстве помещения. Одни игры-задания могут выполняться у окна, другие – за столами, третьи – сидя на ковре и т.д. Смена мизансцены помогает участникам команд переключиться, снять эмоциональное напряжение. Чем чаще они меняют мизансцены, места, позы, тем активнее и работоспособнее их коммуникативная и познавательная деятельность.

Смена темпа и ритма. Менять темп деятельности помогает ограничение во времени с помощью песочных часов, электронного таймера в презентации, длительности звучания музыки, счета ведущего и т.д. Чередование игровых действий должно быть различным по длительности. Для смены ритма деятельности используются задания, подразумевающие выполнение и озвучивание хором, по одному, тихо или громко, с помощью жестов и т.д.

Интеграция видов деятельности предполагает, что на одном занятии с детьми организуются несколько видов деятельности: коммуникативная, творческая, игровая, художественно-эстетическая и другие.

Правило полифонии предполагает решение одновременно нескольких задач: развитие мышления, внимания, памяти, словаря и образности речи, произвольности, скорости двигательной реакции, креативности, коммуникативных умений и т.д.

Социо-игровой подход в дошкольном образовании может быть реализован в форме социо-игровых сеансов с постоянным и переменным составом групп, в форме занятий с отдельными играми-заданиями, в форме отдельных игр, проводимых в режимных моментах.

Социо-игровой сеанс предполагает последовательное проведение пяти видов игр: игры для рабочего настроения; игры разминки-разрядки; игры для творческого самоутверждения; игры для социо-игрового приобщения к делу; игры вольные.

Назначение игр для создания рабочего настроения – создание такой атмосферы в группе обучающихся, которая способствует вовлечению всех участников в деятельность, снимает психологическую напряженность.

Игры «разминки-разрядки» носят характер соревнования, несерьезного выигрыша.

Упражнения «творческого самоутверждения» представляют собой творческие задания: подготовка коллажей, сценок, рисунков, исполнение стихов по ролям, составление рассказов и т.п.

К группе заданий-упражнений «социо-игрового приобщения к делу» относят игры-задания, которые могут быть дополнены учебным материалом. Это могут быть задания на различение, запоминание и т.п.

Пятая группа упражнений – «игры вольные». Включает подвижные игры-задания, выполнение которых требует достаточного простора и свободы передвижения. Их удобнее выполнять в просторном помещении: в музыкальном, спортивном зале, на школьном стадионе. Модификации «вольных игр» можно проводить в групповой комнате, классе [3].

При проведении игр команды могут получать баллы (жетоны) за правильно выполненное задание или эстетично реализованный продукт совместной деятельности. Также педагог с целью поддержания дисциплины может ввести систему штрафов: забирать заработанные командой жетоны, аннулировать баллы, прекратить играть с детьми и т.п.

Результаты систематического применения социо-игровой технологии включают: формирование у детей умения договариваться и приходить к согласию; развитие способности слушать и слышать друг друга; снятие страха перед ошибкой; повышение речевой активности; приобретение уверенности в себе и преодоление застенчивости [6]. Дети учатся не только выражать собственное мнение, но и аргументированно, доброжелательно возражать сверстникам, отстаивать свою позицию.

Выводы

Таким образом, социо-игровая технология выступает эффективным средством развития коммуникативных способностей детей, поскольку создает естественную среду для живого общения, сотрудничества и взаимопомощи. Как отмечают исследователи, данный подход «наиболее интенсивно развивает коммуникативные и интеллектуальные способности детей по сравнению с традиционными методами обучения» и в полной мере соответствует задачам современной педагогики, направленным на воспитание детской самостоятельности и сохранение психологического благополучия ребенка.

Список литературных источников

1. Andrienko O.A. Razvitie emocional'nogo intellekta u starshih doshkol'nikov posredstvom sovremennyh pedagogicheskikh tekhnologij. // Nauka, 2025, no. 4.
2. Bukatov V.M. Pedagogicheskie tainstva didakticheskikh igr. M., 2003 .
3. Bukatov, V.M., Ershova, A.P. Neskuchnye uroki: obstoyatel'noe izlozhenie socio/igrovyyh tekhnologij obucheniya shkol'nikov. SPb., 2013.
4. Orlova N.V., CHinenova G.V. Socio-igrovaya tekhnologiya kak instrument povysheniya kachestva obrazovaniya // Sovremennoe doshkol'noe obrazovanie: teoriya i praktika. 2022. № 10. S. 16-19.
5. Sablukova E.A. Socio-igrovaya tekhnologiya v obrazovatel'nom processe detskogo sada // Preemstvennost' v obrazovanii. 2022. № 33 (11). S. 206-212.
6. SHuleshko E.E., Ershova, A.P., Bukatov, V.M. Socio-igrovye podhody k pedagogike. Krasnoyarsk, 1997.
7. Usacheva O.N. Socio-igrovye tekhnologii na zanyatii s det'mi doshkol'nogo vozrasta / V sbornike: Luchshaya nauchnaya stat'ya 2017. sbornik statej pobeditelej VI Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo konkursa. 2017. S. 220-223.

МРНТИ: 15.31.31

**Л.А. Емельянова, кандидат психологических наук,
доцент кафедры психологии и педагогики**

**Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ
462403, Орск, Россия**

К проблеме изучения психологических факторов неуспеваемости школьников

Түйіндеме. Бұл мақала сәтсіздіктің психологиялық факторлары мәселесін талдауға арналған. Эмпирикалық зерттеу барысында оқушылардың үлгермеуінің негізгі себептері зерттелді. Үлгермеген оқушыларда мазасыздық пен оқу мотивациясы арасындағы байланыс анықталды.

Аннотация. Данная статья посвящена анализу проблемы психологических факторов неуспеваемости. В ходе эмпирического исследования были изучены основные причины неуспеваемости школьников. Выявлена взаимосвязь между тревожностью и учебной мотивацией у неуспевающих школьников.

Abstract. This article is devoted to the analysis of the problem of psychological factors of underachievement. In the course of the empirical study, the main causes of underachievement among schoolchildren were studied. The

relationship between anxiety and academic motivation among underachieving schoolchildren was revealed.

Түйінді сөздер: бастауыш мектеп жасы, үлгерімсіздік, психологиялық факторлар, оқу мотивациясы, мазасыздық.

Ключевые слова: младший школьный возраст, неуспеваемость, психологические факторы, учебная мотивация, тревожность.

Keywords: primary school age, underachievement, psychological factors, academic motivation, anxiety.

Введение

Из года в год, из поколения в поколение учащиеся, их родители, педагоги сталкиваются с такой проблемой как неуспеваемость школьников в учебной деятельности.

Школьная неуспеваемость — это несоответствие подготовки учащихся обязательным требованиям школы в усвоении знаний, развитии умений и навыков, формировании опыта творческой деятельности и воспитанности познавательных отношений. Под неуспеваемостью обычно понимают явление, при котором учащийся имеет неудовлетворительные оценки по какому-либо предмету (или по всем предметам сразу) в четверти или в году. Согласно «Педагогическому энциклопедическому словарю», под неуспеваемостью подразумевается низкий уровень усвоения учащимися содержания образования по сравнению с предусмотренным учебной программой.

Большинство ученых отмечают, что неуспеваемость у школьников – это не только низкий уровень знаний обучающихся, который не соответствует требованиям, предъявляемым временем, но и проблемы в плане поведения этих детей (Н.А. Менчинская, Н.П. Локалова, И.Н. Бойко и др.) [1]. Из-за того, что неуспевающие школьники большое количество времени испытывают переживания на почве их неудач в учебе, как правило, либо формирует в нем стойкую неуверенность в собственных возможностях, либо эта ситуация толкает детей на реализацию и проявление себя как личности, которая добивается "успехов" конфликтным поведением или асоциальными поступками. У ребенка пропадает желание учиться, он не соглашается ходить в школу, пропускает уроки, или становится «трудным» учеником: шумит, мешает детям работать на уроке, отвлекает их.

Актуальность исследования связана с тем, что определение причин и факторов школьной неуспеваемости поможет раскрыть истинные возможности ученика, преодолеть трудности в учебной деятельности, как самому школьнику, так его родителям и педагогам, а также сформировать положительное отношение как к учебе, так и ко всей школе в целом.

Все выше сказанное и определяет актуальность нашего исследования.

Объект и методика

Цель нашего исследования раскрыть психологические причины неуспеваемости школьников. В частности, было выдвинуто предположение, что есть взаимосвязь между школьной тревожностью и школьной неуспеваемостью. В исследовании приняли участие школьники третьего класса общеобразовательной школы г. Орска.

Исследование реализовывалось с использованием следующих методик: «Диагностика школьной тревожности» (А.М. Прихожан); методика «Оценка уровня школьной мотивации» Н. Г. Лускановой; «Стандартизованная методика для определения уровня умственного развития младших школьников».

Результаты исследований

Результаты диагностики школьной тревожности показали следующие результаты. Большая часть учеников как успевающих, так и неуспевающих имеет нормальный уровень школьной тревожности, повышенный уровень школьной тревожности по большей части встречается в группе неуспевающих школьников, и только 15 % из неуспевающих имеют высокий уровень школьной тревожности.

У успевающих учеников в основном проявляется хороший уровень школьной мотивации (37%) и некоторых случаях высокий уровень школьной мотивации (13%). Высокий уровень школьной мотивации характеризуется наличием высоких познавательных мотивов и стремлением наиболее успешно выполнять все предъявляемые школой требования.

Среди неуспевающих учеников около 10% имеют хорошую школьную мотивацию. Примерно 33% учащихся имеют внешнюю мотивацию. Внешняя мотивация учебной деятельности — это стремление выполнять учебную деятельность не ради неё самой, а ради вознаграждений, которые даёт достижение высокого результата.

Около 7% испытуемых (группа неуспевающих школьников) имеют низкую мотивацию. Низкая школьная мотивация — это состояние, при котором дети посещают школу неохотно, предпочитают пропускать занятия, на уроках часто занимаются посторонними делами, испытывают трудности в освоении учебной программы и находятся в нестабильном состоянии адаптации к школьной среде.

Среди успевающих учеников 30% имеют высокий уровень развития. Около 20% испытуемых (группа успевающих школьников) имеют средний уровень умственного развития.

Среди неуспевающих учеников около 17% имеют высокий уровень умственного развития. Примерно 33% испытуемых имеют средний уровень умственного развития. В целом, как для успевающих, так и для неуспевающих учеников характерны высокие и средние уровни умственного развития.

Сравнительный анализ по всем методикам показал, что для учеников с разными уровнями одного критерия, характерны разные уровни другого

критерия. Нельзя сказать, что успевающий ученик имеет одни положительные значения, как и неуспевающий имеет одни отрицательные значения.

Однако можно заметить взаимосвязь между тревожностью и другими критериями, в частности, учебной мотивацией. В младшем школьном возрасте тревожность может негативно сказываться на мотивации учебной деятельности. Из-за усиления информационной нагрузки и возрастания требований к проверке знаний уровень школьной тревожности имеет тенденцию к возрастанию, что приводит к снижению уровня школьной успеваемости.

Выявили, что для учащихся с высокой школьной тревожностью характерны пониженная мотивация, проблемы с концентрацией внимания, напряжение или нервозность, проблема с обучением, а для испытуемых с низкой школьной тревожностью характерна высокая школьная мотивация и высокая успеваемость в учебной деятельности.

Выводы

Несмотря на различие причин неуспеваемости у разных школьников, учащиеся с трудностями в обучении имеют достаточно много одинаковых черт и особенностей, что позволяет дать им общую психологическую характеристику. Их общая характеристика состоит в следующем. Они обычно не принимают активного участия в работе класса, не обнаруживают склонности к самостоятельному умственному труду, характеризуются более низким уровнем работоспособности, чем хорошо успевающие одноклассники. У таких учащихся наблюдаются недостаточность развития всех познавательных процессов.

Смысл педагогической деятельности состоит не только в том, чтобы помочь учащемуся устранить имеющиеся препятствия, но и в том, чтобы помочь осознать причины трудностей и найти способ решения своих проблем.

Предупреждение неуспеваемости является очень важной частью образовательного процесса. Оно направлено не только на то, чтобы учитель не допустил отставания учеников по каким-либо предметам в ходе обучения, но также и смог вовремя устранить их. Помогать необходимо оперативно, подходу дифференцированно к каждому, и опосредованно. Необходимо устранить все причины, которые порождают отставание, и улучшить условия обучения.

Список литературных источников

1. Lokalova, N. P. Shkol'naya neuspevaemost': prichiny, psihokorrekcija, psihoprofilaktika / N. P. Lokalova — Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo «Piter», 2009. — 368 s. — ISBN 978-5-388-00443-7.
2. Lokalova, N. P. Kak pomoch' slabouspevayushchemu shkol'niku. Psihodiagnosti-cheskie tablitsy: prichiny i korrekciya trudnostej pri obuchenii mladshih shkol'nikov russkomu yazyku, chteniyu i matematike. -Izd. 3-e, pererab. i dop. - M.: «Os'-89», 2001. - 96 s. ISBN 5-86894-523-9.

MRNTI: 14.35.07

**Ж.О. Ошакбаева, проректор по академическому развитию
Н.И. Росенко, преподаватель кафедры социально-экономических
дисциплин**

**Н.А. Камышева, преподаватель кафедры транспорта и сервиса
Д.К. Жумамбетова, специалист отдела планирования и организации
учебного процесса**

**Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова
110007, Костанай, Казахстан**

Значение входной диагностики для системы планирования мероприятий по организации собственных педагогических исследований

Түйіндеме. Мақалада жоғары оқу орнының профессорлық-оқытушылық құрамының өзіндік педагогикалық зерттеулерін ұйымдастыру жөніндегі іс-шараларды жоспарлау жүйесі үшін кіріс диагностикасының маңызы қарастырылады. М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университетінің оқытушыларының сауалнама нәтижелерін талдау негізінде заманауи педагогикалық технологияларды қолдану ерекшеліктері, зерттеу белсенділігінің деңгейі, біліктілікті арттыру қажеттіліктері және әдістемелік қолдаудың қолайлы нысандары анықталды. Оқытушылардың инновациялық белсенділігі негізінен цифрлық құралдарды енгізумен байланысты екені анықталды, ал Интерактивті және тәжірибеге бағытталған педагогикалық технологиялар жеткіліксіз дәрежеде пайдаланылады. Әдістемелік қолдаудың атаулы жүйесін қалыптастыру және оқытушылардың зерттеу құзыреттілігін дамыту құралы ретінде кіріс диагностикасын қолданудың орындылығы негізделген.

Аннотация. В статье рассматривается значение входной диагностики для системы планирования мероприятий по организации собственных педагогических исследований профессорско-преподавательского состава высшего учебного заведения. На основе анализа результатов анкетирования преподавателей Костанайского инженерно-экономического университета имени М. Дулатова выявлены особенности использования современных педагогических технологий, уровень исследовательской активности, потребности в повышении квалификации и предпочтительные формы методической поддержки. Установлено, что инновационная активность преподавателей преимущественно связана с внедрением цифровых инструментов, тогда как интерактивные и практико-ориентированные педагогические технологии используются в недостаточной степени. Обоснована целесообразность применения входной диагностики как инструмента формирования адресной системы методического сопровождения и развития исследовательской компетентности преподавателей.

Annotation. The article considers the importance of input diagnostics for the system of planning activities for the organization of own pedagogical research of the teaching staff of a higher educational institution. Based on the analysis of the results of a survey of teachers of the M. Dulatov Kostanay University of Engineering and Economics, the features of the use of modern pedagogical technologies, the level of research activity, the need for advanced training and preferred forms of methodological support have been identified. It has been established that the innovative activity of teachers is mainly associated with the introduction of digital tools, while interactive and practice-oriented pedagogical technologies are insufficiently used. The expediency of using input diagnostics as a tool for forming an addressable system of methodological support and developing the research competence of teachers is substantiated.

Түйінді сөздер: кіру диагностикасы, педагогикалық зерттеулер, педагогикалық технологиялар, ЖОО-дағы әдістемелік жұмыс, біліктілікті арттыру, білім беруді цифрландыру.

Ключевые слова: входная диагностика, педагогические исследования, педагогические технологии, методическая работа в вузе, повышение квалификации, цифровизация образования.

Keywords: entrance diagnostics, pedagogical research, pedagogical technologies, methodological work at the university, advanced training, digitalization of education.

Введение: Современное реформирование высшего образования характеризуется усилением требований к качеству образовательного процесса, уровню профессиональной компетентности профессорско-преподавательского состава и результативности внедрения педагогических инноваций. В условиях цифровизации, обновления образовательных стандартов и расширения практико-ориентированных форм обучения, возрастает роль преподавателя не только как транслятора знаний, но и как исследователя, способного анализировать собственную педагогическую деятельность, выявлять проблемы обучения и обосновывать пути их решения на научной основе. В этой связи организация собственных педагогических исследований преподавателей рассматривается как важнейшее условие повышения качества высшего образования и развития научно-методического потенциала образовательной организации. Вместе с тем, практика высшей школы свидетельствует о наличии противоречия между объективной необходимостью активизации исследовательской деятельности профессорско-преподавательского состава в сфере педагогики и недостаточной методической и организационной готовностью части преподавателей к проведению систематических педагогических исследований. Отсутствие целостного представления о реальном уровне владения педагогическими технологиями, опыте научно-

исследовательской работы и имеющихся проблемах в профессиональной деятельности преподавателей затрудняет планирование методических мероприятий, направленных на развитие их исследовательской компетентности. Поэтому особую актуальность приобретает научно-обоснованное планирование мероприятий по организации собственных педагогических исследований преподавателей, предполагающее учет реального уровня их методической подготовки, исследовательского опыта, готовности к внедрению педагогических инноваций и потребности в различных формах методической поддержки. Эффективность методических мероприятий во многом определяется полнотой и достоверностью исходной информации, полученной в результате входной диагностики, ориентированной на выявление ключевых характеристик профессиональной деятельности преподавателей, уровня использования современных педагогических технологий, степени вовлеченности в научно-исследовательскую работу, а также затруднений и запросов, возникающих в процессе реализации образовательной деятельности.

Научная новизна исследования заключается в расширении назначения входной диагностики, не только как комплексного инструмента формирования адресной системы методического сопровождения и развития исследовательской компетентности преподавателей, но и как управленческого инструмента при планировании собственных педагогических исследований, в соответствии с требованиями системы управления качеством образования.

Объект и методика: Объектом исследования является система организации собственных педагогических исследований профессорско-преподавательского состава высшего учебного заведения. Предметом исследования выступают результаты входной диагностики как инструмента планирования мероприятий по организации и развитию педагогических исследований преподавателей. Эмпирическую базу исследования составили материалы входной диагностики, проведенной в Костанайском инженерно-экономическом университете имени М. Дулатова, в октябре 2025 года, в рамках внутренней системы обеспечения качества образования.

Целью входной диагностики являлось определение степени владения профессорско-преподавательским составом современными педагогическими технологиями, выявление уровня исследовательской активности в области методики преподавания учебных дисциплин, а также определение актуальных потребностей преподавателей в повышении квалификации и методической поддержке. В качестве основного метода исследования было использовано открытое целевое анкетирование, реализованное посредством электронной анкеты на платформе Google Forms. Кроме того, в исследовании применялись методы анализа и обобщения эмпирических данных, элементы описательной статистики, а также метод интерпретации результатов анкетирования.

Всего в диагностическом опросе приняло участие 59 представителей профессорско-преподавательского состава различных кафедр университета, что обеспечило репрезентативность выборки и позволило получить обобщенную

картину уровня владения преподавателями современными педагогическими технологиями и готовности их к осуществлению собственных педагогических исследований.

Результаты исследований: В современной педагогической науке входная диагностика рассматривается как важнейший элемент системы планирования и организации собственных педагогических исследований преподавателей, обеспечивающий получение объективной информации об исходном уровне их методической и исследовательской подготовленности. Так исследователи Н. Richards и А. Farrell подчёркивают, что «систематическая диагностика профессиональных затруднений преподавателей позволяет обоснованно планировать актуальные программы повышения квалификации и исследовательской подготовки, а также повышает мотивацию педагогов к участию в научно-исследовательской деятельности» [1]. Аналогичную позицию занимает D. Borg, который рассматривает диагностику профессиональных убеждений, методических установок и исследовательского опыта как необходимое условие формирования педагогической практики ориентированной на исследовательскую деятельность. По мнению автора, отсутствие любого диагностического этапа приводит к формальному характеру методических мероприятий и снижению их эффективности [2]. О. А. Сыроева рассматривает диагностирование уровня исследовательской компетентности преподавателей как обязательный компонент системы внутриуниверситетского методического сопровождения и основы проектирования индивидуальных траекторий профессионального развития [3].

В исследованиях казахстанских ученых проблема диагностики профессиональной и исследовательской готовности преподавателей также занимает важное место. В исследовании А.Ж. Мурзалиновой и Н.Т. Валиевой отмечено, что «входная диагностика позволяет выявить профессиональные дефициты преподавателей в области педагогических технологий и научных методов, она создает основу для целенаправленного планирования методической работы в вузе» [4]. Нұрданияқызы Г. и Альмухамбетова Б. Ж. исследуют диагностические процедуры как элемент системы управления качеством педагогической деятельности, подчеркивая их значение для обоснования содержания программ методической поддержки и развития исследовательской культуры преподавателей [5]. В работах группы отечественных исследователей (Ж. О. Таттимбетовой, С. К. Мизанбекова, В. Н. Денисенко) показано, что «отсутствие системной входной диагностики уровня исследовательской компетентности приводит к фрагментарности мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности и снижению их практической результативности» [6].

Таким образом, анализ зарубежных и отечественных исследований свидетельствует о признании входной диагностики важнейшим инструментом планирования мероприятий по организации собственных педагогических исследований преподавателей.

Далее перейдем непосредственно к анализу структурно-содержательной части входной диагностики по организации собственных педагогических исследований профессорско-преподавательским составом университета. Напомним, что всего в исследовании приняло участие 59 человек – преподаватели кафедры социально-экономических дисциплин, кафедры стандартизации и пищевых технологий, кафедры информационных технологий и автоматики, кафедры энергетики и машиностроения, кафедры транспорта и сервиса. В качестве диагностического инструментария была использована анкета, содержащая вопросы, обеспечивающие целостное представление о состоянии исследуемой проблемы [7].

Первым ключевым диагностическим показателем была определена *самооценка уровня владения профессорско-преподавательским составом современными педагогическими технологиями*, представленная в таблице 1.

Таблица 1 — Самооценка уровня владения педагогическими технологиями (в % от числа респондентов)

№	Уровень	Доля респондентов
1	Экспертный	5,1 %
2	Высокий	54,2 %
3	Средний	39,0 %
4	Низкий	1,7 %

Как показали результаты, более половины преподавателей оценивают свой уровень как высокий, что свидетельствует о достаточно сформированной методической базе и готовности к использованию современных образовательных технологий. Наряду с этим, значительная доля респондентов (39 %) находится на среднем уровне, что указывает на наличие потенциала для дальнейшего профессионального роста и необходимость адресной методической поддержки. Наличие группы преподавателей с низким уровнем (1,7 %) свидетельствует о необходимости организации адресной методической поддержки и активного вовлечения в программы повышения квалификации в рамках проведения мероприятий по организации собственных педагогических исследований.

Следующий вопрос входной диагностики был направлен на *выявление инновационных педагогических практик*, используемых преподавателями в образовательном процессе. Было установлено, что наибольшее распространение среди инновационных педагогических практик имеет использование в образовательном процессе университета инструментов искусственного интеллекта (72,7 % респондентов). Данный диагностический показатель указывает на высокий уровень адаптации преподавателей к условиям цифровой трансформации высшего образования.

Применение проектного обучения и проектных технологий в образовательном процессе отметили 37,1 % респондентов. Данный показатель свидетельствует о том, что более трети преподавателей используют данную технологию как инструмент организации активной познавательной

деятельности студентов и формирования у них практико-ориентированных и исследовательских умений. В ходе опроса установлено, что сравнительно невысокая доля преподавателей, применяющих проектное обучение, указывает на наличие значительного потенциала для расширения использования данной технологии в образовательной практике вуза и обосновывает необходимость её более активного включения в систему методических мероприятий (семинаров, мастер-классов, открытых занятий и др.) и программ повышения квалификации. Кроме того, результаты анкетирования указывают на использование преподавателями ряда других педагогических технологий (технологии на основе гуманно-личностной ориентации педагогического процесса (28,3%), частнопредметные (46,8%), здоровьесберегающие (12,5%) и др.), а также активных и интерактивных методик обучения, таких как метод «мозгового штурма», обучающие видеоматериалы и GIF-иллюстрации, кейс-обучение, практико-ориентированные задачи и др.

Наряду с использованием педагогических технологий, респонденты (41,8 %) указали на интеграцию в учебный процесс приоритетных направлений современного образования, ориентированных на реализацию целей устойчивого развития и повышения цифровой и финансовой грамотности.

В совокупности полученные результаты позволили сделать вывод о том, что инновационная активность преподавателей в области организации собственных педагогических исследований, применения в учебном процессе инновационных педагогических технологий, в большей степени, связаны с внедрением цифровых инструментов, прежде всего технологий искусственного интеллекта, тогда как потенциал интерактивных и практико-ориентированных методов обучения остаётся реализованным лишь частично. Данный факт подтверждает целесообразность включения в систему методических мероприятий университета тематических семинаров, практико-ориентированных тренингов, мастер-классов педагогов-новаторов направленных на развитие у профессорско-преподавательского состава профессиональных компетенций в области исследуемого вопроса. В этой связи, следующий вопрос входной диагностики был направлен на выявление наиболее актуальных направлений повышения квалификации преподавателей [8].

Анализ полученных ответов показал, что наибольший исследовательский интерес у респондентов вызывает цифровизация обучения, которую отметили 49,2 % опрошенных, технологии, основанные на активных методах и формах обучения (35,6 %), проектное и кейсовое обучение (27,1 %), что отражает стремление к расширению практико-ориентированных и деятельностных форм организации образовательного процесса. Менее востребованными, но при этом значимыми с точки зрения обновления образовательных программ, оказались модульное проектирование курсов (20,3 %), а также использование современного производственного оборудования и вопросы логистики образовательного процесса (по 1,7 % соответственно).

Полученные данные подтверждают, что преподаватели осознают

необходимость системного обновления методического инструментария и ориентируются прежде всего на развитие цифровых и практико-ориентированных педагогических технологий, что создает благоприятные предпосылки для целенаправленного планирования программ повышения квалификации и организации собственных педагогических исследований на научно-обоснованной основе.

Респонденты опроса также указали наиболее эффективные и предпочитаемые, с их точки зрения, *формы методической помощи* (Таб.2).

Таблица 2 — Предпочтительные формы методической поддержки

№	Форма	Доля
1	Тренинги	49,2 %
2	Внутривузовские семинары и совместные исследования	33,9 %
3	Консультации опытных преподавателей	22,0 %
4	Методические публикации	20,3 %
5	Межвузовские семинары	1,7 %

Из полученных данных видно, что преподаватели отдают предпочтение практико-ориентированным форматам работы, предполагающим активное взаимодействие и повсеместный обмен опытом. В ходе диагностического опроса также было установлено, что 36,2 % преподавателей проводят исследования в области методики преподавания, 56,9 % проводят исследования эпизодически, и лишь 21,7 % имеют публикации по результатам собственных педагогических исследований.

Среди факторов, *способствующих развитию собственных исследований* преподаватели обозначили следующие ключевые условия:

- поддержку со стороны университета (гранты, публикации, техническое оснащение);
- снижение аудиторной нагрузки;
- развитие научно-методической среды университета;
- возможность академической мобильности;
- систематическое повышение квалификации;
- обмен опытом и проведение мастер-классов;
- усиление профессиональной мотивации и стимулирование исследовательской деятельности.

Результаты, полученные в ходе проведенного исследования имеют не только прикладное, но и нормативно-методическое значение, поскольку они соответствуют требованиям ESG (пункты 1.5 «Преподавательский состав» и 1.6 «Учебные ресурсы и система поддержки студентов»), отражающим необходимость системного развития профессорско-преподавательского состава повышения качества учебных ресурсов и использования результатов диагностики и мониторинга при принятии управленческих решений в системе обеспечения качества высшего образования.

Выводы: Проведённая входная диагностика подтвердила собственную значимость как эффективного инструмента научно-обоснованного планирования мероприятий по организации собственных педагогических исследований преподавателей вуза. Полученные данные позволили выявить дисбаланс между активным внедрением цифровых технологий и недостаточной распространённостью интерактивных, проектных и деятельностных педагогических подходов, что может ограничивать потенциал развития исследовательской направленности образовательного процесса. Установлено, что преподаватели, в целом, осознают потребность в обновлении методического инструментария и ориентированы на практико-ориентированные формы профессионального развития, однако их исследовательская активность в сфере педагогики остаётся недостаточно системной. Результаты входной диагностики обозначили объективную основу для проектирования адресной системы методического сопровождения, направленной на развитие исследовательской компетентности профессорско-преподавательского состава и повышение качества образовательной деятельности университета.

Список литературных источников:

1. Richards J. C., Farrell T. S. C. Professional development for language teachers: strategies for teacher learning. – Cambridge : Cambridge University Press, 2005. – 256 p.
2. Borg S. Teacher research in language teaching: a critical analysis. – Cambridge : Cambridge University Press, 2013. – 312 p.
3. Sysoeva O. A. Diagnostika issledovatel'skoy kompetentnosti prepodavatelya vuza // Pedagogicheskoe obrazovanie i nauka. – 2018. – No. 4. – P. 45–50.
4. Murzalinova A. Zh., Yaliev N. T. The growth mindset of future teachers in integration with their continuous professional development. – Bulletin of Science and Practice, 2024. – No. 4. – P. 79–89.
5. Nurdaniyazy G., Almukhambetova B. Zh. Diagnostic Competence of Educational Psychologists: Current Status and Problems. — Iasui universitetinin habarshysy (Bulletin of Yassy University). – 2024. – No. 3 (133). – P. 318–328.
6. Tattimbetova Zh. O., Mizanbekov S.K., Denisenko V.N. Diagnostika professional'noy kompetentnosti budushchikh uchiteley russkogo yazyka i literatury pri integrativnoy tekhnologii obucheniya // Eurasian Journal of Philology. Science and Education. – 2020. – Vol. 177, No. 1. – P. 105–112.
7. Inkov M. E. Diagnostika professional'noi kompetentnosti uchitelya v usloviyakh povysheniya kvalifikatsii (Diagnostics of teacher professional competence in advanced training conditions) : Candidate's thesis. – Rostov-on-Don : Southern Federal University, 2019. – 120 p.
8. Rosenko N. I. K voprosu ob issledovatel'skoi kompetentsii pedagoga (On the issue of teacher research competence) // Pedagogicheskaya nauka i praktika. – 2023. – No. 3. – P. 7–11.

ГРНТИ 15.31.31

Н.Г. Попрядухина

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ

Орск, Россия

Роль школьной адаптации в формировании успешности обучения детей младшего школьного возраста

Аннотация: в работе представлены результаты теоретического и опытно-экспериментального исследования, направленного на выявление характера взаимосвязи между процессом адаптации детей к обучению в школе и эффективностью их последующей учебной деятельности.

Annotation: the paper presents the results of a theoretical and experimental study aimed at identifying the relationship between children's adaptation to schooling and the effectiveness of their subsequent educational activities.

Ключевые слова: ребенок младшего школьного возраста, успешность учебной деятельности, адаптация первоклассников к школе, показатели адаптации, влияние адаптации на обучение детей.

Key words: junior schoolchildren, success in academic activities, adaptation of first-graders to school, indicators of adaptation, and the impact of adaptation on children's learning.

Введение

Поступление в школу знаменует собой кризисный и качественно новый этап в жизни ребенка. Изменение социального статуса влечет за собой трансформацию всего жизненного уклада и существенное возрастание психоэмоциональных нагрузок. Игровая деятельность уступает место систематическому учебному труду, который требует от младшего школьника интенсивной умственной работы, устойчивого внимания и длительного сохранения статической позы. Последнее представляет особую сложность для детей 6–7 лет в силу возрастных особенностей опорно-двигательного аппарата. Сочетание школьных занятий с дополнительными нагрузками (изучение языков, музыка, просмотр телепередач) зачастую приводит к тому, что двигательная активность первоклассника сокращается вдвое по сравнению с дошкольным периодом [1].

Начальный этап обучения является стрессогенным для всех без исключения первоклассников. Ответной реакцией детского организма на возросшие требования в первые недели и месяцы учебы становятся функциональные нарушения: жалобы на цефалгию (головные боли) и

утомление, эмоциональная нестабильность (раздражительность, плаксивость), расстройства сна. Наблюдается снижение массы тела и ухудшение аппетита. Психологический дискомфорт проявляется в школьных страхах, негативизме по отношению к учителю и учебному процессу, а также в неадекватной самооценке собственных возможностей. Данный симптомокомплекс в практической психологии и физиологии получил названия «адаптационная болезнь», «школьный шок» или «школьный стресс» [1;41].

Современные отечественные исследователи трактуют адаптацию к школе как многогранный процесс, напрямую связанный с готовностью ребенка к обучению [4]. А также теоретики выделяют три ее стороны: физиологическую, психологическую и социальную. Все стороны тесно переплетены: сбой в любой из них неизбежно сказывается на здоровье, успеваемости и отношениях первоклассника с окружающими. От ребенка требуется в кратчайшие сроки приспособиться к новому ритму жизни, но сделать это непросто. Высокие учебные нагрузки, несовпадение внешних требований с реальными возможностями ребенка и недостаточная подготовленность к школе приводят к тому, что многие первоклассники находятся в состоянии стресса. В связи с этим все более актуальной становится задача педагогической поддержки. Под ней понимаются профессиональные действия учителя, создающего щадящие и одновременно развивающие условия для обучения. Особенно такая поддержка важна на начальном этапе, когда ребенок только учится преодолевать первые школьные трудности [3].

Содержание процесса адаптации к школе состоит в перестройке основных сфер психики ребенка: познавательной, мотивационной и эмоционально-волевой. Это необходимо для успешного включения в режим систематического обучения. По мнению российских психологов и педагогов, именно характер сочетания внешних социальных факторов играет решающую роль: их гармоничное сочетание способствует успешной адаптации, а дисбаланс ведет к школьной дезадаптации [4].

Начало систематического школьного обучения характеризуется двумя ключевыми особенностями. Во-первых, учебная деятельность приобретает статус общественно значимой и подлежит общественной оценке. Во-вторых, она регламентируется едиными для всех учащихся правилами поведения, обязательными к исполнению на протяжении всего пребывания в школе [5].

В исследованиях отечественных психологов и педагогов выделяются основные критерии адаптации первоклассников к школьной среде. К ним относятся: уровень интеллектуального развития (характеризующий состояние высших психических функций, обучаемость и способность к саморегуляции), уровень психоэмоционального развития (отражающий эмоциональную экспрессию и личностный рост ребенка), сформированность коммуникативных навыков (с учетом психологических новообразований кризиса семи лет — самооценки и уровня притязаний), а также уровень школьной зрелости, достигнутый ребенком в дошкольный период.

Успешность учебной деятельности в современной науке рассматривается как важнейшая составляющая психологического здоровья учащихся, проблема сохранения и укрепления которого приобретает все большую актуальность. Примечательно, что длительное время исследования в этой области фокусировались преимущественно на анализе причин и природы учебной неуспеваемости, а также на разработке путей ее преодоления.

Анализ отечественной и зарубежной психолого-педагогической литературы выявил частое смешение понятий «успешность обучения» и «успеваемость» (такой точки зрения придерживались Ю.К. Бабанский, Б.Б. Кулагин, Н.В. Соболев и др.). Поскольку академическая успеваемость учащихся определяется степенью совпадения достигнутых результатов учебной деятельности с запланированными, то успешность обучения предполагает полное совпадение или превышение достижений реальных по отношению к ожидаемым. Это обеспечивает развитие ученика, его переход на более высокие уровни обученности и саморазвития. Следовательно, согласно этой точке зрения обучение может быть признано успешным, если позволяет наиболее рациональным способом (т.е. с минимальными временными затратами и трудовыми ресурсами) достигнуть определенного заранее заданного результата, определяемого целями и задачами обучения [3; 79].

Приоритетным условием успешности учебной деятельности и одновременно личностного роста участников процесса (и учащихся, и преподавателей), по мнению В.Я. Ляудис, является активизация процессов целе- и смолообразования, которая обеспечивается совместной продуктивной деятельностью, возникающей при совместном решении творческих задач.

Автор отмечает, что успешность учебной деятельности включает в себя успешное продвижение по ступеням и уровням образования, сопровождаемое овладением соответствующими знаниями, умениями и навыками и развитием личностного потенциала, а также адаптацию в социуме посредством формирования социальной компетентности и вхождение в профессиональную деятельность [2; 54].

Таким образом, анализ исследований, посвященных психологическим проблемам успешности обучения, показывает, что на пути к решению этих проблем сделано немало. Однако еще возникает много вопросов о причинах, обуславливающих трудности в организации учебной деятельности.

Проведенный теоретический анализ понятий «успешность», «обучение» и «успешность учебной деятельности» позволяет нам выделить существенных характеристики понятия «успешность обучения» в младшем школьном возрасте: удовлетворение познавательных интересов учащихся; раскрытие их потенциальных умственных возможностей; их позитивное отношение к учебной деятельности.

В результате анализа психолого-педагогической литературы по проблеме изучения влияния адаптации на успешность учебной деятельности

первоклассников, мы можем сделать вывод, что чаще всего успешность учебной деятельности обучающихся рассматривается как характеристика темпов, напряжённости, индивидуального стиля работы, степени прилежания и усилий, прилагаемых ими для достижения учебных целей. Выяснили, что понятие «успех» можно рассматривать в узком и широком значении. Узкое значение сводится к пониманию оценки конкретного результата деятельности, значимого для личности. В широком смысле под успехом понимается жизненная успешность, которую человек достигает и переживает в ходе собственной жизнедеятельности, стремясь реализовать свой творческий потенциал [6; 207].

На основе теоретического анализа литературы, были выделены основные психолого-педагогические критерии, по которым были оценены достижения и результативность компонентов учебной деятельности младших школьников. Среди них: создание для учащегося благоприятного микроклимата в классном коллективе, успешное выполнение учеником образовательной программы, признание его успешности педагогами и сверстниками. Также достижение учащимся поставленных целей, желание и интерес учащегося посещать школу, обеспечить успешное продолжение обучения младшего школьника в среднем звене, а так же достигнуть высоких результатов в учебной деятельности и показать высокие результаты в олимпиадах, в творческих конкурсах, спортивных мероприятиях.

Объект и методика

Для диагностики взаимосвязи процесса адаптации первоклассников к условиям школы и успешности овладения им показателями учебной деятельностью в дальнейшем обучении, были использованы следующие методики: проективный тест личностных отношений, социальных эмоций и ценностных ориентаций «Домики» (Д.Б. Эльконин, А.Г. Венгер); методика «Нарисуй человека»; методика «Беседа о школе» (Д.Б. Эльконин, А.Г. Венгер); методика «Домики»; (Д.Б. Эльконин, А.Г. Венгер); опрос родителей; анкета определения школьной мотивации (Н.Г. Лусканова); методика изучения мотивов учения (М.Ю. Гинзбург)

В опытно-экспериментальной части нашего исследования приняли участие 26 первоклассников.

Результаты исследований

Эмпирическая часть работы была направлена на выявление и анализ взаимосвязи между процессом адаптации первоклассников к школьной среде и успешностью их последующей учебной деятельности. В ходе констатирующего эксперимента были определены уровни адаптации учащихся, а также составлены развернутые психолого-педагогические характеристики испытуемых в соответствии с выявленным уровнем.

Анализ результатов. Обработка полученных данных позволила установить устойчивую корреляцию между степенью адаптированности ребенка и качеством овладения учебной деятельностью.

К первой группе (достаточный уровень адаптации) были отнесены обучающиеся, демонстрирующие высокую учебную успешность. Для них характерно позитивное отношение к школе и адекватное восприятие предъявляемых требований. Процесс усвоения знаний отличается легкостью, глубиной и полнотой; испытуемые данной группы успешно справляются с заданиями повышенной сложности. В учебной деятельности проявляют прилежание, устойчивое произвольное внимание к объяснениям учителя, не нуждаются во внешнем контроле при выполнении поручений. Отмечается выраженный интерес к самостоятельным формам работы и систематическая подготовка ко всем учебным занятиям.

Вторую группу составили обучающиеся с частичным (средним) уровнем адаптации. Эти младшие школьники в целом положительно относятся к посещению школы, учебный процесс не вызывает у них выраженных негативных переживаний. Усвоение программного материала происходит преимущественно при условии детального и наглядного изложения темы учителем; основное содержание учебных программ ими осваивается.

Третья группа (недостаточный уровень адаптации) включает детей, у которых процесс привыкания к школе протекает наиболее сложно. В данной группе фиксируются частые жалобы соматического характера и нарушения дисциплины. Усвоение учебного материала носит фрагментарный характер, значительные трудности вызывает самостоятельная работа с учебником и иными источниками информации. Интерес к выполнению самостоятельных заданий снижен, подготовка к урокам осуществляется нерегулярно. Обучающиеся этой группы остро нуждаются в постоянном педагогическом контроле и систематических напоминаниях со стороны учителя.

Выводы

Таким образом, успешность процесса обучения в младшем школьном возрасте определяется как качественная оценка результатов деятельности, которая складывается из объективной результативности и субъективного отношения к этим результатам самого учащегося. Иными словами, успешность отражает определённое свойство личности, содержащее в себе немало компонентов, имеющие специфические психолого-педагогические характеристики.

Итак, анализ результатов проведенного теоретико-экспериментального исследования влияния адаптации на успешность учебной деятельности в младшем школьном возрасте, подтверждает сложность и многогранность данной проблемы. Констатируется, что, несмотря на длительную историю изучения вопроса в отечественной и зарубежной науке, многие аспекты, касающиеся причин возникновения учебных трудностей, остаются недостаточно раскрытыми. Перспективным направлением дальнейших исследований представляется углубленный анализ личностных особенностей младших школьников, способствующих успешному преодолению этих трудностей и эффективному освоению образовательной программы.

Список литературных источников

1. Bezpukix M.M., Kuchma V.P. i dp. Ob organizacii obucheniya v pervom klasse chetipexletnei nachalnoi shkoli. // Vestnik Obrazovaniya. 2021. №19, с.42 – 61.
2. Bityanova M.P. Adaptaciya pebenka k shkole_ diagnostika_ koppekciya_ pedagogicheskaya poddepjka. M. Ppocveschenie_ 2017. _210s.
3. Zimnyaya, I. A. Pedagogicheskaya psikhologiya: uchebnik dlya vuzov / I. A. Zimnyaya. – Izd-vo vtoroje, dop., ispr. i pererab. – M. : Izdatelskaya korporatsiya «Logos», 2022. – 384 s.
4. Kuchma V.P., Leonteva M.P. Rekomendatsii po organizatsii obucheniya pervoklassnikov v adaptatsionnyj period. // Vestnik Obrazovaniya. 2016. №15. с.23 – 29.5.
5. Kovaleva L.M., Taracenko N.N. Psixologicheskiy analiz ocobennoctey adaptatsii pervoklassnikov k shkole.// Nachalnaya shkola. 2022. №7. с.17 – 22.
6. Rogov, E. I. Nastolnaya kniga prakticheskogo psikhologa v obrazovanii: uchebnoe posobie / E. I. Rogov. – M. : VLADOS, 2024. – 570 s

ГРНТИ 15.31.31

Н.Г. Попрядухина

**Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ
Орск, Россия**

Коррекционно-развивающая работа с эмоциональными нарушениями у детей среднего дошкольного возраста: специфика и содержание

Аннотация: в работе представлен теоретический анализ и опытно-экспериментальное изучение психолого-педагогических условий коррекционно-развивающей работы с эмоциональными нарушениями у детей среднего дошкольного возраста.

Annotation: the work presents a theoretical analysis and an experimental study of the psychological and pedagogical conditions of corrective and developmental work with emotional disorders in children of middle preschool age.

Ключевые слова: дошкольный возраст, эмоциональные нарушения, психолого-педагогические условия коррекционно-развивающей работы с эмоциональной сферой детей среднего дошкольного возраста.

Key words: preschool age, emotional disorders, psychological and pedagogical conditions for corrective and developmental work with the emotional sphere of children of middle preschool age.

Введение

Современная психолого-педагогическая наука рассматривает эмоциональное благополучие как базовое условие гармоничного развития

личности ребенка. Именно в дошкольном детстве закладываются основы мотивационной сферы, формируются механизмы произвольной регуляции, складывается самооценка и оформляется картина мира. Все эти линии развития, как убедительно показывают исследования, имеют эмоциональную природу и произрастают из раннего аффективного опыта.

Обращаясь к вопросу о возможностях психологической помощи, необходимо подчеркнуть уникальные характеристики дошкольного возраста. Высокая пластичность коры больших полушарий, подвижность нервных процессов, незавершенность формирования устойчивых личностных структур и, как следствие, повышенная восприимчивость к внешним воздействиям создают благоприятные предпосылки для коррекционной работы. Психика дошкольника, образно говоря, открыта для позитивных изменений, что служит надежным гарантом эффективности своевременного вмешательства.

Однако те же самые возрастные особенности делают ребенка чрезвычайно уязвимым в случае неблагоприятных педагогических условий. Классические исследования В.В. Лебединского демонстрируют, что организация воспитательно-образовательного процесса, не соответствующая возрастным и индивидуальным возможностям ребенка, становится мощным патогенным фактором. Следствием такой неадекватной педагогической стратегии выступают не только поведенческие нарушения, но и глубокие деформации в системе отношений: ребенок утрачивает позитивное самоощущение, у него искажаются представления о других людях, теряется интерес к деятельности и обесцениваются ее результаты [3].

В поиске адекватных стратегий коррекционной помощи исследователи закономерно обращаются к ведущей деятельности дошкольника. Широкий круг авторов — И.П. Воропаева, А.И. Захаров, Е.Е. Кравцова, В.С. Мухина, А.А. Нурагунова, Т.О. Смолева, А.С. Спиваковская, С.Г. Файнберг, М.И. Чистякова и другие — едины во мнении: максимальный коррекционный эффект достигается при включении детей в увлекательную, эмоционально насыщенную деятельность. Развивая эту мысль, Е.Е. Кравцова акцентирует внимание на том, что базовая задача коррекции — формирование у ребенка доверия к миру и открытости сотрудничеству. Именно эти личностные образования, по мнению исследователя, обеспечивают возможность позитивной самореализации растущего человека [2].

Методологическим фундаментом психокоррекционной работы выступает принцип деятельностной коррекции. Г.В. Бурменская, И.П. Воропаева, Ю.В. Егошкин, О.В. Карабанова, А.Г. Лидерс и другие авторы обосновывают положение о том, что коррекционное воздействие должно осуществляться в контексте той деятельности, которая является значимой для ребенка. Только в этом случае возникают условия для естественного проявления эмоциональных трудностей и их последующей проработки [2].

Особого внимания заслуживает вопрос о психологических механизмах преодоления эмоциональных проблем. Анализ литературы показывает, что

ключевую роль здесь играет воображение. У детей, испытывающих трудности поведения, необходимо целенаправленно формировать «внутреннюю позицию» — способность выходить за границы непосредственной ситуации, видеть в предмете не только его наличные свойства, но и более широкий смысловой контекст. Овладевая этой способностью, ребенок учится управлять наличной действительностью, и главным инструментом здесь выступает воображение, развивающееся в игровой деятельности [4].

Завершая теоретический анализ, следует отметить, что при всей разработанности общих подходов многие конкретные аспекты коррекции эмоциональной сферы дошкольников остаются недостаточно изученными [1]. Это создает необходимость в дополнительных исследованиях, ориентированных на практические запросы.

В контексте настоящей работы особый интерес представляет такая форма эмоционального неблагополучия, как агрессивность. Проведенный анализ позволяет выделить ряд причин агрессивных проявлений у дошкольников. Среди них: внутриличностный конфликт, порождаемый неудовлетворенностью своим положением в группе сверстников; хроническое переживание тревоги, связанной с ожиданием угрозы или нападения; фрустрация базовой потребности в общении и эмоциональном принятии как в семейной системе, так и в условиях дошкольного учреждения.

Объект и методика

Для изучения склонности к агрессивному поведению у детей среднего дошкольного возраста, нами была использована методика «Структуризированное наблюдение». С помощью методики «Раскрась картинку» дошкольники определяли специфику поведения в ситуации конфликта с позиции обиженного ребёнка.

Методика «Как бы ты поступил» позволила выявить особенности эмоциональных переживаний дошкольников в ситуациях, связанных с их взаимодействием с окружающими [5].

В опытно-экспериментальной части исследования участие 15 детей среднего дошкольного возраста.

Результаты исследований

В ходе эмпирического исследования были зафиксированы различные формы агрессивных реакций у детей среднего дошкольного возраста. Среди них наблюдалась как косвенная физическая агрессия (разрушение результатов деятельности сверстника, поломка чужих игрушек), так и прямая (нанесение ударов, укусы, использование предметов для причинения физической боли) и даже оскорбления («Толстуха», «Дурак», «Ябеда и нытик»).

Особое внимание уделялось выявлению ситуаций, провоцирующих агрессивные вспышки. Анализ контекста и переживаний ребенка позволял

понять направленность, причины и мотивацию агрессивного поведения. В результате наблюдений были выделены следующие типичные ситуации:

Стремление привлечь внимание сверстников. Например, ребенок намеренно нарушает игровой процесс другого (вырывает книгу, разбрасывает игрушки) и демонстрирует эпатажное поведение (громкий лай, имитация агрессивного персонажа), чтобы оказаться в центре внимания.

Ущемление достоинств другого с целью самоутверждения. Агрессивные высказывания и насмешки («Ха-ха-ха, у тебя ничего не получится, ты нытик!») направлены на подчеркивание собственного превосходства на фоне неудачи сверстника.

Защита и ответная агрессия (месть). В ответ на реальное или кажущееся нападение, насильственное изъятие игрушки дети демонстрируют яркие, аффективно заряженные агрессивные действия.

Борьба за лидерство (стремление быть главным). При неудачной попытке занять желаемое положение (например, первое место в строю) ребенок может применить физическую силу против опередившего его сверстника (толчки, захват за волосы).

Достижение желаемого предмета. Обладание привлекательной игрушкой становилось целью, для достижения которой некоторые дети прибегали к прямому насилию над сверстниками.

Анализ полученных наблюдений показал, что большинство агрессивных проявлений возникало в ситуациях защиты собственных интересов или отстаивания превосходства. В этих случаях агрессия выступала как инструментальное средство достижения конкретной цели (внимание, игрушка, статус), и после ее получения агрессивные действия прекращались, принося ребенку удовлетворение. Следовательно, преобладающий характер агрессии можно определить как инструментальный или реактивный.

Однако у отдельных детей наблюдались качественно иные формы агрессивного поведения, не имеющие видимой внешней цели и направленные исключительно на причинение страдания другому. Например, ребенок толкает сверстницу и с явным удовольствием наблюдает за ее слезами; или прячет личные вещи подруги, наслаждаясь ее переживаниями. В таких случаях физическая боль или унижение другого выступают самоцелью, а агрессия приобретает черты враждебности и жестокости, что вызывает особую тревогу и требует углубленного анализа.

Результаты диагностики уровня агрессивности были получены по трем диагностическим методикам, что позволило распределить испытуемых по трем уровням проявления агрессивности.

Высокий уровень агрессивности был выявлен у 40% дошкольников. Для детей этой группы характерны: выраженная враждебность и гневливость; предпочтение сюжетов с элементами насилия в рассказах; агрессивное реагирование на приветствие; порча личного и общественного имущества; негативизм по отношению к замечаниям; склонность к дракам.

Средний уровень агрессивности продемонстрировали 20% испытуемых. Отличительными особенностями этой группы являются: негативная реакция на замечания, несоблюдение дисциплины, непослушание, склонность приставать к более слабым сверстникам.

Низкий уровень агрессивности зафиксирован у 40% дошкольников. Эти дети отличаются уравновешенностью, спокойным реагированием на внешние стимулы. Вспышки гнева у них редки и носят, как правило, защитный характер.

На основании выявленных признаков была сформирована группа испытуемых с повышенным уровнем агрессивности, в которую вошли как мальчики, так и девочки.

Коррекционно-развивающая работа с агрессивными детьми была ориентирована на решение следующих задач: снижение агрессивных проявлений в поведении; обучение конструктивным способам выражения гнева и отрицательных эмоций; формирование эмпатии (способности понимать и чувствовать состояние другого); гармонизацию эмоциональной сферы ребенка в целом. Работа строилась комплексно и включала три направления взаимодействия: «Ребенок - воспитатель», «Ребенок – педагог-психолог», «Ребенок - родитель».

Основной формой работы с детьми стали специально организованные игры и упражнения, нацеленные на коррекцию выявленных негативных тенденций. Использовались следующие методы:

- игры на осознание собственных чувств и эмоций;
- упражнения на снятие мышечного напряжения;
- игры на развитие внимания и умения слушать друг друга;
- обучение способам саморегуляции и снятия эмоционального напряжения;
- упражнения на развитие навыков взаимодействия со сверстниками.

Дополнительно, для вызывания положительных эмоций, применялись сказкотерапия, спортивные развлечения и совместные праздники.

Работа с родителями не ограничивалась рекомендациями по организации конструктивного общения с ребенком. Были проведены практические занятия, направленные на обучение родителей навыкам совладания с собственным гневом, адекватным способам словесного выражения отрицательных эмоций. Тренинговые занятия для родителей строились на следующих принципах:

- формирование установки на внимательное и терпеливое отношение к ребенку;
- предоставление возможности родителю и ребенку легально выражать агрессию, смещая ее на социально приемлемые объекты;
- демонстрация родителями личного примера эффективного, неагрессивного поведения (недопущение при ребенке вспышек гнева и агрессии по отношению к окружающим);
- создание в семье атмосферы безусловного принятия, любви и ценности ребенка независимо от его успехов или неудач.

Повторная диагностика (контрольный эксперимент) показала положительную динамику. У детей, участвовавших в коррекционно-развивающей работе, отмечалось снижение агрессивности, они стали более спокойными, доброжелательными и открытыми в общении. Испытуемые научились в большей степени сдерживать проявления отрицательных эмоций, а их взаимоотношения со сверстниками значительно улучшились.

Сопоставление данных, полученных на констатирующем и контрольном этапах эксперимента, убедительно доказывает результативность проведенной коррекционно-развивающей работы. Реализованная программа, охватившая не только детей с признаками эмоционального неблагополучия, но и их ближайшее окружение (педагогов и родителей), позволила достичь качественных изменений в поведении и эмоциональном состоянии дошкольников.

Ключевым фактором успеха стало использование комплекса методов, адекватных возрастным особенностям детей 4–5 лет. Применение игровых технологий, элементов сказкотерапии и специальных упражнений было направлено на решение взаимосвязанных задач:

- снижение уровня эмоционального напряжения и агрессивности;
- обучение детей распознаванию собственных эмоций и социально приемлемым способам их выражения;
- развитие коммуникативных навыков и позитивных форм взаимодействия со сверстниками;
- насыщение жизни детей положительными эмоциональными впечатлениями.

Положительная динамика, зафиксированная в ходе контрольного эксперимента, выразилась в уменьшении частоты и интенсивности агрессивных вспышек, повышении доброжелательности в общении, появлении попыток самостоятельно регулировать свое эмоциональное состояние и разрешать конфликты вербальными средствами.

Выводы

Таким образом, чтобы достигнутые улучшения эмоциональных реакций детей стали устойчивым свойством личности, а не ситуативными, необходима систематическая поддерживающая работа. В этой связи особая роль отводится воспитателю как ключевой фигуре, которые ежедневно взаимодействуют с детьми. Мы полагаем, что дальнейшая работа должна быть ориентирована на закрепление навыков саморегуляции. Педагогу важно в естественных ситуациях (во время занятий, режимных моментов, на прогулке) мягко напоминать детям о способах совладания с гневом или обидой, актуализировать полученные на коррекционных занятиях знания и умения.

Также, педагогу необходимо интегрировать коррекционные игры в образовательный процесс, например, игры на снятие эмоционального

напряжения, используя их как динамические паузы или элементы организованной деятельности.

Важно и создание безопасной среды для отреагирования негативных эмоций. Необходимо предоставлять детям возможность легального и безопасного «выплеска» агрессии через игры с правилами, специальные упражнения (например, «Коврик злости», «Подушка для битья», «Листок гнева») или творческую деятельность.

Развитие социального интеллекта. Важно продолжать формировать у детей способность понимать чувства и состояния других людей, используя для этого анализ ситуаций из жизни группы, чтение художественной литературы и проигрывание проблемных сцен.

Только при условии непрерывности коррекционно-развивающего процесса и согласованности действий всех специалистов и родителей можно говорить о формировании устойчивых навыков эмоционально благополучного поведения у дошкольников.

Список литературных источников

1. Anokhin, P. K. Emotsii i emotsionalnye rasstroystva / P. K. Anokhin – М.: Vldos, 2021. – 438 s.
2. Zakharov, A.I. Kak predupredit otkloneniya v povedenii rebenka / A. I. Zakharov – М.: Prosveshchenie, 2023 – 317 s.
3. Olshanskaya, E. Agressivnyy rebenok: chto delat? / E. Olshanskaya // Zdorovye detey. – 2007. - №23-24. – S.21-33.
4. Kravtsova, E.E. Pedagogika i psikhologiya : ucheb. posobie dlya studentov nepsikhol. fak., ot-d-niy i vuzov / E.E. Kravtsova. - М.: Forum, 2009. - 383 s
5. Uruntaeva G.A., Afonkina Yu.A. Praktikum po detskoй psikhologii: Posobie dlya studentov pedagogicheskikh institutov, uchashchikhsya pedagogicheskikh uchilishch i kolledzhey, vospitateley detskogo sada / Pod red. G. A. Uruntaevoy,- М.: Prosveshchenie: Vldos, 2015. -348 s.

МРНТИ: 14.29.09

**А.Ю. Швацкий, заведующий кафедрой «Психология и педагогика»
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ
462403, Орск, Россия**

Изучение развития мелкой моторики у обучающихся с церебральным параличом

Түйіндеме. Бұл мақала церебральды сал ауруы бар студенттерде ұсақ моториканы дамыту мәселесін талдауға арналған, атап айтқанда, церебральды сал ауруы бар балаларда жиі бұзылатын қолдың ұсақ моторикасының негізгі параметрлері анықталған, церебральды сал ауруы бар студенттерде қозғалыс

бұзылыстарының себептері мен ерекшеліктері қарастырылған. Эксперименттік зерттеу нәтижелері бойынша церебральды сал ауруы бар балаларда қолдың ұсақ моторикасы айтарлықтай бұзылғаны анықталды, бұл мақсатты және үйлестірілген қозғалыстарды орындауды және жазуды меңгеруге дайындықты қиындатады және түзету-дамыту жұмыстарын жүргізуді талап етеді.

Аннотация. Данная статья посвящена анализу проблемы развития мелкой моторики у обучающихся с церебральным параличом, в частности, рассмотрены причины и особенности нарушений движений при ДЦП, определены основные параметры мелкой моторики рук, которые чаще всего нарушены у детей с ДЦП. По результатам экспериментального исследования установлено, что у детей с ДЦП значительно нарушена мелкая моторика рук, что затрудняет выполнение целенаправленных и скоординированных движений и подготовку к овладению письмом и требует проведения коррекционно-развивающей работы.

Abstract. This article is devoted to the analysis of the problem of fine motor skills development in pupils with cerebral palsy, in particular, the causes and features of movement disorders in children with cerebral palsy are considered, and the main parameters of fine motor skills of the hands that are most often impaired in children with cerebral palsy are identified. According to the results of the experimental study, it has been found that children with cerebral palsy have significantly impaired fine motor skills of the hands, which makes it difficult for them to perform purposeful and coordinated movements and prepare for learning to write, and requires correction and development work.

Түйінді сөздер: ұсақ моторика; емдік паралич; білім алушы; қимылдарды үйлестіру; жазуды меңгеру

Ключевые слова: мелкая моторика; церебральный паралич; обучающийся; координация движений; овладение письмом

Key words: fine motor skills; cerebral palsy; pupil; coordination of movements; learning to write

Введение

Сохранение детского здоровья и гармоничное развитие каждого ребенка – одна из приоритетных задач современного общества. Особое внимание специалистов обращено на обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и, прежде всего, детей с церебральным параличом (ДЦП). Практика показывает, что у детей с ДЦП трудно формируется согласованность двигательной и чувственной (сенсорной) сферы, так как недостаточно развит каждый орган чувств в отдельности. Поэтому в работе с данной категорией

обучающихся важное место занимает развитие мелкой моторики рук, которое непосредственно сопряжено с речевым, психическим и индивидуальным развитием ребенка.

В отечественной психолого-педагогической науке проблеме нарушений мелкой моторики у детей с ДЦП посвящены работы многих авторов (Е.А. Екжанова, С.К. Ефимова, А.Н.Корнеев, И.Ю. Левченко, И.И. Мамайчук, Е.М. Мастюкова, А.Г. Московкина, В.В.Ткачева, Э.Г. Эйдемиллер Л.В. Цветкова и др.).

Детский церебральный паралич – заболевание центральной нервной системы при ведущем поражении двигательных зон и двигательных проводящих путей головного мозга. Дети с тяжелыми формами ДЦП – это дети с множественными нарушениями, в том числе ведущими являются двигательные и чувственные расстройства.

Нарушение мелкой моторики проявляются в неспособности детей целенаправленно управлять своими движениями. Степень тяжести поражения рук варьируется при различных формах ДЦП. Наиболее тяжело бывает нарушена функция рук при гиперкинетической и гемипаретической формах паралича. При последней, хотя и бывает поражена одна половина тела, степень нарушения функции рук бывает нередко тяжелой, что не может не затруднять процесс формирования манипулятивной деятельности, навыков самообслуживания [1].

Исследования многих авторов ([2] и др.) показывают, что при всех формах ДЦП встречаются стойкие или обратимые патологические установки верхних конечностей. Все это в значительной степени затрудняет формирование важнейшей функции кисти-захвата предмета. Кроме того, для детей с церебральным параличом характерны нарушения точности, соразмерности, дифференцированности движений рук, а также недостаточность в разных суставах. Все это задерживает развитие опорной, указывающей, отталкивающей, хватательной функций кисти и пальцев, составляющих основу манипулятивной деятельности навыка письма.

Л.Н. Самсонова выделила основные параметры мелкой моторики рук, которые чаще всего нарушены у детей с ДЦП:

- сила – предельный уровень физического напряжения, развиваемого основными группами скелетных мышц индивида;
- быстрота – присущая индивиду скорость (средняя и максимальная) выполнения движений;
- координированность – согласованность различных движений во времени, пространстве и по силе с целью достижения определенного результата (хорошая координированность обычно предполагает широкий диапазон темпоральных возможностей и склонность к ритмизации движений);
- пластичность – согласованность амплитуд движений, позволяющая плавно переходить от одного движения к другому, объединяя их в целостный комплекс с единым выразительным эффектом;

- ловкость – высокая степень координированности и быстроты в сочетании с экономичностью и рациональностью движений;

- выносливость – способность к поддержанию заданного уровня двигательных характеристик (силы, скорости, точности, модальности, координированности, темпа, ритма) при длительном или многократном исполнении движений [3].

Объект и методика

С целью изучения особенностей развития мелкой моторики у детей с ДЦП нами было проведено экспериментальное исследование, базой которого стал реабилитационный центр для несовершеннолетних детей г. Орск Оренбургской области. В исследовании принимали участие дети 6-7 лет. Изучение уровня развития мелкой моторики у детей с ДЦП включало 3 блока заданий: упражнения на координацию движений, проба на пальцевой гнозис и праксис, графические действия. Для оценивания уровня развития мелкой моторики по всем трем блокам использовалась трёхбалльная система оценки:

1 балл – ребёнок справляется с заданием только при помощи взрослого или не справляется совсем, делает 3 и более недочетов/ошибки;

2 балла – ребёнок выполняет задание самостоятельно, допускает 1-2 недочета/ошибки;

3 балла – ребёнок с заданием справляется самостоятельно, задание выполнено правильно.

Результаты исследований

Рассмотрим результаты диагностического исследования.

Анализ социально-психологического статуса, показал, что все обследуемые дети воспитываются в полной семье. Адаптации испытуемых в социальной группе – выше среднего, все дети посещают дополнительно развивающие занятия в реабилитационном центре.

Культурно - гигиенические навыки у большинства испытуемых сформированы частично. Некоторым детям (27,2%) необходимо напоминать о туалете, так же 85,4% детей необходимо оказывать помощь при одевании и раздевании.

В контакт со взрослыми и сверстниками вступают достаточно быстро 34,3% испытуемых. 38,4% детей вступают в контакт настороженно и постепенно, 40,9% детей придерживаются нейтральной позиции и соблюдают дистанцию в общении.

Запас общих представлений о себе и ближайшем окружении у большинства испытуемых несколько отстает в формировании от возрастной нормы. 54,5% детей умеют составить самостоятельно целостный образ предмета, но из небольшого количества деталей: до 4-6 частей. 36,4% испытуемых испытывают значительные трудности при составлении картинки, разрезанной на 3-4 части.

Выделяют фигуры на фоне все дети, но на листах большого формата, что

обусловлено нарушением зрения. Многие дети знают и соотносят цвета основного спектра и их оттенки, а так же геометрические фигуры. Ориентировка в пространстве у всех обследуемых детей находится в стадии формирования: последовательность «части суток» затруднена у 100% детей.

Времена года знают, но последовательность путают. 34,3% испытуемых различают правую, левую сторону на себе, на другом человеке - испытывает затруднения.

Внимание у всех испытуемых неустойчивое, испытывают трудности сосредоточения на объекте. Объем внимания снижен. Наблюдается повышенная отвлекаемость. Память смешанная. Мышление у большинства испытуемых сформировано на низком уровне. Задания на обобщение, классификацию, «4 лишний» успешно выполняет только 18,2% детей, остальным требуется помощь взрослого. При установлении серии картинок, связанных единым сюжетом испытывают затруднения все испытуемые.

Особенности игровой деятельности: игры соответствуют возрасту у 45,4% детей, у остальных – более младшему возрасту. Моторная неловкость наблюдается у всех испытуемых. Дети испытывают трудности в передвижении: медленно передвигаются по группе, испытывают трудности при перешагивании через низкий порог, при поднятии и спускании по лестнице (протягивают руку взрослому, чтобы идти вместе за руку), не могут присесть, повторить другие движения оздоровительного характера.

Изучение уровня развития мелкой моторики у детей с ДЦП включало 3 блока заданий: упражнения на координацию движений, проба на пальцевой гнозис и праксис, графические действия.

Анализ результатов методик блока 1, направленных на изучение координации движений, показывает, что у всех испытуемых экспериментальной группы выявлен низкий уровень развития мелкой моторики. Во всех трех заданиях дети испытывали затруднения, нуждались в помощи взрослого. Наибольшие трудности вызвало упражнение «Кулак-ребро-ладонь». Дети не могли установить последовательность движений и не могли справиться с заданием самостоятельно, что обусловлено особенностью восприятия данной категории детей: сукцессивная недостаточность.

Упражнение «Посоли капусту» вызвало трудности у большинства детей, они не смогли по образцу взрослого повторить движение. 27,2% детей с заданием не справились совсем и получили по 1 баллу. 36,4% детей из экспериментальной группы с заданием справились частично, им потребовалась незначительная помощь со стороны взрослого. 4 испытуемых сначала выполнить задание не могли, но при стимулирующей помощи взрослого («Давай попробуем выполнить упражнение медленно, я буду выполнять его вместе с тобой тоже медленно. У тебя все получится») и медленном показе и воспроизведении движения, смогли частично выполнить задание.

При выполнении упражнения «Катай шарик», только 9,1% детей смогли выполнить задание с некоторыми неточностями. Многим испытуемым (22,7%)

потребовалась обучающая помощь взрослого. Остальные дети задание выполнить не могли совсем.

Анализ результатов методик блока 2 показывает, что при выполнении упражнений по пальцевой пробе у всех детей с ДЦП, входящих в экспериментальную группу, возникли затруднения: дети нуждались в помощи взрослого (удержание пальцев), либо старались удержать позу с помощью левой руки. Никто самостоятельно пробу повторить за педагогом не смог. Все дети получили по 1 баллу, что соответствует низкому уровню развития мелкой моторики.

Задания блока 3 были направлены на оценку графических действий. Методика «Дорожки» позволила определить уровень развития точности движений, степень подготовленности руки к овладению письмом, сформированность внимания и контроля за собственными действиями у испытуемых с ДЦП. Анализ полученных данных показал, что у 86,4% детей отмечается низкий уровень подготовки руки к овладению письмом, а также не сформировано внимание и контроль за собственными действиями. При проведении линии у детей были выходы за пределы «дорожки». Провести линию от машины к дорожкам дети не смогли, линия «уходила», либо на верх листа, либо вниз. Наибольшие трудности при выполнении задания возникли у 3 испытуемых.

Многие дети, которые испытывали затруднения при выполнении заданий, часто отвлекались, начинали баловаться и пытались рисовать точки или кружки на листе. Линия была неровная, очень слабая, почти невидимая.

Таким образом, результаты, полученные в ходе исследования, показали, что по всем трем блокам у детей с ДЦП выявлен низкий уровень развития мелкой моторики. У большинства исследуемых развитие мелкой моторики отстаёт от возрастной нормы: движения скованные, координация движений рук нарушена. Дети не умеют держать правильно карандаш, линии при рисовании слабые, прерывистые, ломаные. Также нарушена целенаправленность, точность движений. Дети затрудняются в подражательных движениях, в выполнении действий по образцу, упускают их элементы.

Выводы

Таким образом, результаты проведенного исследования подтверждают наше предположение о том, что у детей с ДЦП значительно нарушена мелкая моторика рук, что затрудняет выполнение целенаправленных и скоординированных движений и подготовку к овладению письмом и требует проведения коррекционно-развивающей работы.

Список литературных источников

1. Ippolitova M.V., Babenkova R.D., Mastyukova E.M. *Vospitanie detej s cerebral`ny`m paralichom v sem`e.* – Moskva: Pedagogika, 2013. – 320 p.

2. Levchenko I.Yu., Prikhod`ko O.G. Tekhnologii obucheniya i vospitaniya detej s narusheniyami oporno-dvigatel`nogo apparata. – Moskva: Izdatel`skij centr «Akademiya», 2021. – 192 p.
3. Samsonova L.N. Osobennosti kompleksnoj korrekcii narusheniya funkicii ruk u uchashhixsya s cerebral`ny`m paralichom. – Sankt-Peterburg: Detstvo-press, 2011. – 118 p.

МРНТИ: 15.41.49.

**О.А. Андриенко, доцент кафедры психологии и педагогики,
Орский гуманитарно–технологический институт (филиал) ОГУ
462403, Орск, Россия**

**Особенности удовлетворенности браком в молодых семьях:
сравнительный аспект зарегистрированных и незарегистрированных
союзов**

Аннотация

Рассматривается проблема удовлетворенности браком супругов, психологические особенности молодых семей, приводятся данные исследования автора об удовлетворенности браком молодых супругов, живущих в зарегистрированном и незарегистрированном браке.

Ключевые слова: удовлетворенность браком, этапы развития семьи, «гражданский» (незарегистрированный) брак, молодая семья.

Abstract

The article discusses the problem of marital satisfaction, the psychological characteristics of young families, and presents the author's research on the marital satisfaction of young couples living in registered and unregistered marriages.

Key words: satisfaction with marriage, stages of family development, "common-law" (unregistered) marriage, and young families.

Введение

В отечественной и зарубежной психологии изучение феномена удовлетворенности браком ведется на протяжении примерно тридцати лет в русле общего подхода к исследованию качества супружеских отношений. Однако ввиду того, что институт семьи постоянно эволюционирует под влиянием времени, обращение к данной проблематике не теряет своей значимости.

Для оценки успешности брачного союза используется ряд показателей, среди которых особое место занимает субъективная удовлетворенность партнеров. Данный критерий выражает личностное восприятие человеком своего брака и служит индикатором того, насколько полно реализуются потребности внутри семейной системы. В реальности, авторы не всегда в своих работах разделяют понятия «удовлетворенность браком» и «стабильность брака».

Стабильность брака и удовлетворенность браком являются достаточно связанными характеристиками, что отмечено в ряде эмпирических исследований А.А. Бодалева и А.И. Антонова. Кроме того, существует мнение, что эти феномены представляют собой различные уровни отношений супругов. Первым, самым общим, является уровень устойчивости брака, то есть юридическая сохранность брака (отсутствие развода). Второй уровень – уровень «приспосабливаемости в браке», «адаптированности супругов»; здесь наблюдается не только отсутствие развода или предразводной ситуации, но и общность супружеской пары по таким характеристикам, как разделение домашнего труда, воспитание детей и т. д. Третий уровень является наиболее глубоким. Это уровень «успеха» или «успешности» брака, который характеризуется совпадением ценностных ориентаций супругов [2].

Ю.Е. Алешина, обобщая ряд работ, обозначает удовлетворенность браком как характеристику субъективной оценки каждым из супругов характера их взаимоотношений [1]. Часто употребляемыми синонимами термина «удовлетворенность браком» являются «успешность брака», «сплоченность семьи», «совместимость супругов» и др.

Наиболее полное определение удовлетворенности браком дает С.И. Голод: «Удовлетворенность браком, очевидно, складывается как результат адекватной реализации представления (образа) о семье, сложившегося в сознании человека под влиянием встреч с различными событиями, составляющими его опыт (действительный или символический) в данной сфере деятельности» [9, с. 29].

Субъективная удовлетворенность браком может быть полной, когда супругов полностью устраивает сложившаяся модель семейной жизни и отсутствует желание что-либо изменить, и частичной, когда есть направленность на изменение каких-либо аспектов семейной ситуации [6].

В.В. Столин отмечает, что удовлетворенность браком представляет собой стойкое эмоциональное явление – чувство, которое может проявляться как непосредственно в эмоциях, возникающих в различных ситуациях, так и в разнообразных мнениях, оценках, сравнениях [9].

Переживание чувства удовлетворенности (неудовлетворенности) браком генерализуется на отношении к большинству сфер семейной жизни, формирует оценки тех или иных сфер жизни, приводя их к «общему знаменателю»: человек, не удовлетворенный браком, даже очевидно успешные аспекты семейной жизни может воспринимать как эмоционально негативные. И наоборот, удовлетворенный браком в целом человек сможет и в недостатках увидеть достоинства.

В работах А.И. Антонова отмечается, что удовлетворенность браком непосредственно влияет на устойчивость супружества – низкая удовлетворенность браком при незначительном влиянии других важных факторов приводит к распаду семьи [4].

Если рассматривать семью с позиций представлений о малой группе, можно применить к ней результаты исследований, полученные в социальной психологии: наиболее эффективно функционирующие группы возникают только при наличии удовлетворенности совместной деятельностью. Следовательно, наиболее эффективно осуществлять свои функции будут семьи, члены которых удовлетворены своими отношениями и выполняемой ими совместно деятельностью [9].

Основными факторами, влияющими на удовлетворенность браком супругов являются: а) социально-демографические и экономические характеристики семьи (величина совокупного семейного дохода, возраст супругов, количество детей в семье и т.д.); б) характеристики внесемейной сферы жизнедеятельности супругов – профессиональная сфера, взаимоотношения супругов с ближайшим социальным окружением и т.д.; в) установки и поведение супругов в основных сферах семейной жизнедеятельности – распределение хозяйственно-бытовых обязанностей и совпадение установок в этой сфере семейной жизни, организации досуга; г) характеристики межсупружеских отношений – эмоционально-нравственные ценности (чувство любви и уважения к партнеру, общие взгляды и интересы, супружеская верность и т.д.) [3].

В работах некоторых авторов центральное место занимает термин «неудовлетворенность браком». О.А. Карабанова указывает, что переживание неудовлетворенности браком – это следствие резкого расхождения между реальной жизнью семьи и ожиданиями индивида, а также результат чрезмерно завышенных ожиданий в отношении брака и партнера [6].

Э.Г. Эйдемиллер и В. Юстицкис в своих исследованиях отмечают, что характер травмирующего влияния неудовлетворенности в значительной мере зависит от степени осознанности данного состояния.

Осознанная неудовлетворенность обычно сопровождается конфликтом в семье. Иначе проявляется плохо осознанная, «тлеющая» неудовлетворенность. Во-первых, через выражение чувств и состояний, граничащих с прямой неудовлетворенностью: монотонность, скука, бесцветность жизни, отсутствие радости, ностальгические воспоминания о времени до брака. Основным мотивом поведения в семье выступает необходимость «делать то, что нужно», «жить так, как нужно». Во-вторых, неудовлетворенность проявляется в многочисленных жалобах на различные частные стороны семейной жизни. В-третьих, «тлеющая неудовлетворенность» проявляется в ряде специфических феноменов, наблюдаемых в жизни такой семьи. Прежде всего, это явление, которое уместно было бы назвать феноменом «капли дегтя». Речь идет о какой-то, в большинстве случаев объективно второстепенной проблеме, которая в данной семье разрастается до таких размеров, что способна серьезно снизить удовлетворенность супругов семейными взаимоотношениями [6; 9].

Существуют различные подходы выделения основных этапов жизненного цикла семьи. «В нашей стране наибольшую известность получила периодизация Э.К. Васильевой, выделившей пять стадий:

1. Зарождение семьи: с момента заключения брака до рождения первого ребенка.

2. Рождение и воспитание детей: заканчивается с началом трудовой деятельности хотя бы одного ребенка.

3. Окончание выполнения семьей воспитательной функции: с начала трудовой деятельности первого ребенка до момента, когда на попечении родителей не останется ни одного из детей.

4. Дети живут с родителями, и хотя бы один из детей не имеет собственной семьи.

5. Супруги живут одни или с детьми, имеющими собственные семьи» [8].

В рамках данного исследования нас интересуют молодые семьи, а именно этап зарождения семьи.

Общепринятого мнения о временных границах начального периода семейной жизни нет; иногда «молодая семья» определяется по возрасту супругов, иногда – по стажу брака [5].

По мнению В.А. Сысенко, все браки можно сгруппировать следующим образом: а) совсем молодые – от 0 до 4 лет; б) молодые – 5-9 лет; в) средние – 10-19 лет; г) пожилые 20 и более лет [7].

Ю.В. Олейник считает молодой семью, супружеский стаж которой не превышает трех лет, а возраст мужа и жены – 25 лет [10].

О.А. Коряковцева и М.И. Рожков дают следующее определение: «Молодая семья – это семья в первые три года после заключения брака, в которой оба супруга не достигли 30-летнего возраста, а также семья, состоящая из одного из родителей в возрасте до 30 лет и несовершеннолетнего ребенка» [8, с. 6].

Итак, опираясь на вышесказанное, в своем исследовании под молодой семьей мы будем понимать семью, супружеский стаж которой не превышает трех лет, а возраст супругов 30 лет.

Говоря об этапе развития молодой семьи, следует остановиться на задачах, которые должны решать молодые супруги:

– выработка и согласование общих семейных ценностей и семейного уклада;

– решение вопросов главенства и установление лидерства;

– распределение ролей, принятие ответственности супругов за их выполнение;

– определение финансово-экономического статуса семьи, организация семейного бюджета, решение территориальной проблемы семьи (проблемы проживания);

– организация досуга;

- брачно-семейная адаптация супругов как приспособление к жизни в семье;
- формирование семейного самосознания, выработка общей позиции в отношении будущего семьи, планирование основных жизненных целей;
- установление отношений с расширенной семьей (родителями и родственниками каждого из супругов) [6].

В последнее время молодые пары не спешат официально регистрировать свои отношения. Людям легче просто начать жить вместе, при этом многие из них считают поход в ЗАГС необязательным. На это есть много причин – «гражданский» брак оставляет иллюзию свободы, его легче прервать, если возникнет такое желание, кроме того, многие считают, что в таком браке у супругов гораздо меньше обязательств по отношению друг к другу.

Незарегистрированный брак (в российском праве – сожительство) или фактический брак – это отношения между партнерами – «супругами», не оформленные в установленном законом порядке.

Данная форма неформальных брачно-семейных отношений получила широкое распространение в России под наименованием «гражданский брак», что терминологически является неверным, т. к. именно законный, юридически оформленный брак и есть гражданский, что и фиксирует запись акта гражданского состояния.

«Девушки и юноши, выбирающие гражданский брак, отмечают в нем следующие привлекательные стороны: гарантия большей свободы, меньше обязательств и ответственности, возможность разойтись без лишних проблем и в то же время лучше узнать друг друга. Преимущества юридически зарегистрированного брака юноши и девушки видят в большей уверенности, надежности, ответственности друг за друга, чувстве спокойствия, постоянстве, возможности завести детей» [11, с. 41-42].

Э.Г. Эйдемиллер и В. Юстицкис отмечают, что гражданский брак может рассматриваться как попытка избежать ответственности – юридической, финансовой и т. д.

Совместная жизнь молодых людей в незарегистрированном браке по форме напоминает брачные отношения, а именно это совместное проживание, интимные отношения, ведение общего хозяйства. Также «союз мужчины и женщины несет в себе во многом все трудности брачного союза, причем многие из этих проблем усугубляются (такие, как вопросы верности, принятия на себя новых ролей), в то же время положительные свойства брачных отношений – их стабильность, надежность, возможность (и желание) рождения и воспитания детей – в большинстве случаев отсутствуют» [11, с. 45].

Исследование Т.В. Андреевой и Ю.А. Шмотченко показало, что у мужчин, состоящих в незарегистрированном браке, была несколько большая удовлетворенность «семейными» отношениями по сравнению с женатыми [11, с. 42].

О.А. Карабанова указывает в своей работе, что «гендерные различия проявляются в более высокой степени удовлетворенности браком у мужчин, чем у женщин» [6, с. 111].

Объект и методика

Цель исследования: выявления уровня удовлетворенности браком молодых супругов, живущих в зарегистрированном и незарегистрированном браке.

Объектом исследования является межличностные отношения молодых супругов.

Предметом исследования является удовлетворенность браком молодых супругов, живущих в зарегистрированном и незарегистрированном браке.

Исследование реализовывалось с использованием следующих методик: «Удовлетворенность браком» (Ю.Е. Алешина); «Опросник удовлетворенности браком» (ОУБ); «Удовлетворенность отношениями в паре».

В исследовании приняли участие 20 молодых супружеских пар (40 человек – 20 мужчин и 20 женщин).

Результаты исследований

Полученные результаты по всем трем методикам представлены нами в сводной таблице (см. табл.1).

Таблица 1 — Уровни удовлетворенности браком молодых супругов, живущих в зарегистрированном и незарегистрированном браке

Брак	Пол	Уровень удовлетворенности браком супругов		
		высокий	средний	низкий
зарегистрированный	женщины	40%	60%	–
	мужчины	60%	40%	–
незарегистрированный	женщины	30%	50%	20%
	мужчины	70%	30%	–

Можно констатировать, что в целом 35% женщин и 65% мужчин имеют высокий уровень удовлетворенности браком, 55% женщин и 35% мужчин – средний уровень и 10% женщин не удовлетворены браком.

Также с помощью критериев Стьюдента и Фишера мы определили, что существуют различия в уровне удовлетворенности браком между мужчинами и женщинами, живущими в незарегистрированном браке и между мужчинами и женщинами в целом, а именно у мужчин в зарегистрированном и незарегистрированном браке, более высокий уровень удовлетворенности отношениями в паре.

Возможно, это связано с тем, что женщины более критичны в оценке социально-психологического климата в семье, чем мужчины, у них более высокие требования по отношению к своим супругам.

Выводы

Таким образом, результаты исследования позволяют заключить, что удовлетворенность браком имеет гендерные различия: высокий уровень удовлетворенности чаще встречается у мужчин (65%), чем у женщин (35%). Большинство женщин (55%) находятся на среднем уровне, а 10% из них полностью не удовлетворены браком. Применение критериев Стьюдента и Фишера подтвердило статистическую значимость различий: мужчины (как в зарегистрированных, так и в незарегистрированных союзах) оценивают свои отношения выше, чем женщины.

Список литературных источников

1. Aleshina, YU. E. Individual'noe i semejnoe psihologicheskoe konsul'tirovanie. – 2–e izd. – M.: Nezavisimaya firma «Klass», 2000. – 208 s.
2. Aleshina, YU. E. Udovletvorennost' brakom i mezhlichnostnoe vospriyatie v supruzheskih parah s razlichnym stazhem semejnogo zhizni: diss. ... kand. psihol. nauk. – M., 1995. – 250 s.
3. Andreeva, T. V. Psihologiya sovremennoj sem'i : monografiya. – SPb. : Rech', 2005. – 435 s.
4. Antonov, A. I. Sociologiya sem'i / A. I. Antonov, V. M. Medkov. – M.: Izd–vo MGU: Izd–vo Mezhdunarodnogo universiteta biznesa i upravleniya ("Brat'ya Karich"). – 1997. – 304 s.
5. Antonyuk, E. V. Stanovlenie rolevoj struktury molodoj sem'i i ee vospriyatie suprugami // Vestnik MGU. Seriya psihologiya. – 1993. – №4. – S. 25-33.
6. Karabanova, O. A. Psihologiya semejnyh otnoshenij i osnovy semejnogo konsul'tirovaniya : ucheb. posobie dlya vuzov. – M.: Gardariki, 2005. – 319 s.
7. Kovalev, S. V. Psihologiya sovremennoj sem'i: kn. dlya uchitelya. – M.: Prosveshchenie, 1988. – 208 s.
8. Koryakovceva, O. A. Kompleksnaya podderzhka molodoj sem'i : ucheb.–metod. posobie dlya vuzov / O.A. Koryakovceva, M. I.Rozhkov – M. : Vlados, 2008. – 204 s.
9. Lidars A. G. Psihologicheskoe obsledovanie sem'i : ucheb. posobie dlya vuzov. – 3–e izd. – M. : Akademiya, 2008. – 432 s.
10. Olejnik, YU. N. Urovni sovместимости v molodoj sem'e. // Psihologicheskij zhurnal. – 1986. – №2.
11. Rean, A. A. Psihologicheskie problemy grazhdanskogo braka / A. A. Rean, T. V. Andreeva // Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. – 2009. – Вып. 5. – S. 36-45.

МРНТИ: 14.25.05

**А.Ю. Швацкий, заведующий кафедрой «Психология и педагогика»
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ
462403, Орск, Россия**

Особенности оценки ситуаций морального выбора обучающимися подросткового возраста

Түйіндеме. Бұл мақала жасөспірімдік шақтағы білім алушылардың адамгершілік даму проблемаларын талдауға арналған, атап айтқанда, адамгершілік ұғымының мазмұны, жасөспірім кезіндегі моральдық-адамгершілік даму ерекшеліктері қарастырылған, жасөспірімнің моральдық таңдау жағдайын бағалаудың негізгі модельдері мен компоненттері анықталған. Эксперименттік зерттеу нәтижелері бойынша оқушылардың жасөспірім кезіндегі моральдық таңдау жағдайларын бағалау жасөспірімнің адамгершілік дамуы мен тәрбиесінің деңгейіне, сондай-ақ шешім қабылдаудың басым моделіне (конвенцияға дейінгі, конвенциялық, Конвенциядан кейінгі) байланысты екендігі анықталды.

Аннотация. Данная статья посвящена анализу проблемы нравственного развития обучающихся подросткового возраста, в частности, рассмотрены содержание понятия нравственности, особенности морально-нравственного развития в подростковом возрасте, определены основные модели и компоненты оценки подростком ситуации морального выбора. По результатам экспериментального исследования установлено, что оценка ситуаций морального выбора обучающимися подросткового возраста зависит от уровня нравственного развития и воспитанности подростка, а также преобладающей модели принятия решения (доконвенциональная, конвенциональная, постконвенциональная).

Abstract. This article is devoted to the analysis of the problem of moral development of adolescent students, in particular, the content of the concept of morality, the features of moral development in adolescence are considered, the main models and components of a teenager's assessment of the situation of moral choice are identified. According to the results of an experimental study, it has been found that the assessment of situations of moral choice by adolescent students depends on the level of moral development and upbringing of a teenager, as well as the prevailing model of decision-making (pre-conventional, conventional, post-conventional).

Түйінді сөздер: адамгершілік; моральдық таңдау; білім алушы; жасөспірім; шешім қабылдау моделі

Ключевые слова: нравственность; моральный выбор; обучающийся; подросток; модель принятия решения

Key words: morality; moral choice; student; teenager; model of decision-making

Введение

В современном обществе, характеризующемся быстрым темпом изменений, глобализацией и информационным перенасыщением, подростки сталкиваются с многообразием ценностей, норм и моральных дилемм. Размывание традиционных нравственных ориентиров, усиление влияния социальных сетей и медиа, а также рост социального неравенства оказывают существенное воздействие на формирование морального сознания подростков. Социальные нормы и ценности формируют основу общественной структуры, а их трансформация влияет на моральные устои. Дефицит общепринятых норм и ценностей подрывает стабильность социума и порождает проблемы в процессе социализации подростков. Ориентация на материальный успех, рыночные отношения и другие тенденции формируют новую, противоречивую среду для нравственного развития молодежи.

В настоящее время изучению проблемы развития морально-нравственных качеств личности посвящены работы таких исследователей, как: Д.А. Бобкова, МА Бондаренко, А.Е. Воробьевой и А.Б. Купрейченко, НА Селезневой, И.С. Рыбиной, Я.И. Яковлева и др.

Нравственность является важнейшей, базисной характеристикой личности. Она представляет собой совокупность общих принципов и норм поведения людей по отношению друг к другу и обществу, которые в сочетании и составляют основу личности. Нравственность - внутренняя оценка человеком норм своего поведения и своих поступков с точки зрения добра. Нравственность, по определению И.С. Марьенко, есть «неотъемлемая сторона личности, обеспечивающая добровольное соблюдение ею существующих норм, правил и принципов поведения. Они находят выражение в отношении к Родине, обществу, коллективу и отдельным людям, к самому себе и результатам труда» [1, с.7].

Нравственность зависит и от ценностей и ценностных ориентаций, являющихся ее цементирующим началом, вокруг которого вращаются помыслы и чувства человека. Нравственность становится личностным образованием только в том случае, если у индивидуума сформированы базовые моральные ценности, то есть в том случае, если сама мораль завоевывает статус злободневной важности, смысла, идеала, немаловажной характеристики сознания и поведения индивида, целевых конструкторов социальной деятельности [2].

Л.А. Григорович и Т.Д. Марцинковская определяют нравственность как личностную характеристику, которая включает в себя такие качества и

свойства, как доброта, порядочность, честность, правдивость, справедливость, трудолюбие, дисциплинированность, коллективизм [3].

Нравственное развитие подростков – это ключевая задача любого общества. Формирование нравственных качеств у подростков зависит от их индивидуальных особенностей и возраста. На этот процесс влияют как позитивные, так и негативные факторы, которые необходимо учитывать. Особенно важно это при формировании чувства чести и достоинства, поскольку они напрямую связаны с высоким уровнем самосознания, способностью к рефлексии, самооценке и самоуважению.

Знания о моральных нормах важны, потому что они не только знакомят подростка с правилами поведения в обществе, но и позволяют осознать последствия их нарушения для других людей.

О нравственном развитии обучающегося можно судить по его оценке ситуаций моральной дилеммы. Исследования Ж. Пиаже показали, что подростки принимают решения в сложных ситуациях, основываясь на 2 моделях:

- моральный реализм (гетерономная мораль): социальные нормы и правила воспринимаются как незыблемые, данные свыше, и нарушение правила всегда влечет за собой наказание. Моральные суждения основываются на последствиях, а не на намерениях.

- моральный релятивизм (автономная мораль): подросток начинает понимать, что правила – это результат соглашения между людьми, их можно менять. Моральные суждения основываются на намерениях и обстоятельствах, а не только на последствиях [4].

Переход к автономной морали происходит в подростковом возрасте в результате взаимодействия со сверстниками, когда подросток учится учитывать разные точки зрения и договариваться.

Оценка подростком ситуации морального выбора включает четыре компонента: моральную чувствительность, моральное мышление и моральные суждения, моральную мотивацию, моральный характер.

Моральная чувствительность (сенситивность) – «осознание» человеком того, как его действия могут повлиять на других, проявляется в рефлексии последствий своих действий для других людей и чувствительности к желаниям, потребностям и правам других людей, особенно в ситуации, если они противоположны твоим собственным интересам.

«Осознание» включает: знание об участниках ситуации морального выбора; конструирование возможных вариантов поведения в этой ситуации; представление о том, какое влияние действия окажут на каждого из участников. Несовершенство когнитивных схем может привести к искажению восприятия моральной ситуации.

Моральное мышление и моральные суждения раскрывают причины поступка и обоснование морального выбора. Моральная мотивация подростка определяется иерархией ценностей и моральными идеалами личности.

Моральный выбор предполагает принятие человеком личной ответственности за свое решение.

Важную роль в ситуациях моральной дилеммы играет моральный характер. Адекватность восприятия дилеммы с учетом позиций и ожиданий всех ее участников и последствий морального выбора для каждого (высокая моральная чувствительность), высокий уровень морального мышления, выраженная мотивационная направленность на оказание помощи могут оказаться недостаточными для реализации морального поступка. Готовность и способность действовать в соответствии с выбранным решением и планом, противостоять социальному давлению, принятие ответственности за реализацию выбора - необходимые личностные качества субъекта морального поступка, составляющие моральный характер, обуславливающий стратегии преодоления трудностей на пути разрешения моральной дилеммы [5].

Объект и методика

С целью изучения особенностей оценки обучающимися подросткового возраста ситуаций морального выбора нами было проведено экспериментальное исследование, базой которого стала средняя общеобразовательная школа № 11 г. Орска Оренбургской области. В исследовании принимали участие учащиеся 9 классов. Изучение уровня нравственного развития обучающихся осуществлялось с использованием следующих методик: опросник оценки нравственного развития личности (авторы: И.В. Мащенко, Н.П. Протьюко, В.Н. Ростовцева), методика диагностики уровня нравственной воспитанности (М.И. Шилова), опросник «Справедливость-забота» (автор: С.В. Молчанов).

Результаты исследований

Рассмотрим результаты диагностического исследования.

Проанализировав данные опросника оценки нравственного развития личности, можно отметить, что в группе испытуемых преобладает высокий уровень нравственного развития, свидетельствующий о том, что большинство участников исследования имеют сформированные нравственные ориентиры и, вероятно, демонстрируют просоциальное поведение.

Так, очень высокий уровень имеют 12% испытуемых. Они обладают глубокими нравственными убеждениями и стремятся следовать им во всех сферах жизни. Они могут выступать в роли моральных лидеров в классе, служить примером для других.

Высокий уровень демонстрируют 47% испытуемых. Эти подростки хорошо понимают нравственные нормы и принципы, стремятся соответствовать им, но в некоторых ситуациях могут испытывать затруднения в принятии решений или проявлении нравственного поведения.

Средний уровень показали 23% испытуемых. Для них характерно ситуативное поведение, их нравственные установки недостаточно устойчивы и

могут меняться в зависимости от обстоятельств. Они могут испытывать внутренний конфликт между нравственными принципами и личными интересами.

Низкий уровень имеют 17% испытуемых. Эти подростки демонстрируют слабое понимание нравственных норм и принципов, их поведение в основном определяется внешними факторами (боязнь наказания, стремление к выгоде). Им может быть сложно делать осознанный нравственный выбор.

По результатам методики М.И. Шилова наибольшая часть выборки (65% испытуемых) демонстрирует высокий уровень нравственной воспитанности, что свидетельствует об устойчивой и положительной самостоятельности в деятельности и поведении.

Средний уровень воспитанности демонстрируют 18% испытуемых, что характеризуется самостоятельностью и проявлениями саморегуляции, хотя активная общественная позиция еще не сформирована. Подросткам со средним уровнем важно помочь в формировании активной общественной позиции, вовлечь их в социально значимую деятельность

18% испытуемых демонстрируют низкий уровень воспитанности, что говорит о слабом и неустойчивом опыте положительного поведения, регулируемом внешними стимулами. Такие подростки нуждаются в создании условий для формирования позитивного опыта поведения, развивать навыки саморегуляции и самоорганизации.

Результаты опросника «Справедливость-забота» (автор: С.В. Молчанов) позволили определить преобладающие уровни (модели) оценки ситуаций моральной дилеммы:

1. Доконвенциональный уровень (ориентация на наказание и поощрение, личную выгоду). Низкий уровень - 29% испытуемых в большей степени ориентируются на внешние факторы. Средний уровень - 41% испытуемых в некоторой степени учитывают личную выгоду и последствия, но понимают, что соблюдение правил тоже может быть полезным. Высокий уровень - 29% испытуемых понимают правила и осознают последствия, но основным мотивом является избежание наказания, а не осознанное соблюдение нравственных принципов.

2. Конвенциональный уровень (ориентация на социальное одобрение и поддержание порядка). Низкий уровень - 6% испытуемых. Таким подросткам сложно ориентироваться на социальное одобрение и поддержание порядка. Средний уровень - 47% испытуемых ориентируется на социальное одобрение и соблюдение правил. Высокий уровень - 47% испытуемых стремятся поддерживать порядок и соответствовать принятым нормам.

3. Постконвенциональный уровень (ориентация на универсальные этические принципы и личное сознание). Низкий уровень - 6% испытуемых. Такие подростки испытывают трудности с пониманием абстрактных моральных принципов, им сложно делать выбор между разными системами ценностей. Их поведение в основном определяется личными интересами или

внешними требованиями. Средний уровень - 29% испытуемых начинают понимать универсальные этические принципы, но не всегда готовы следовать им в реальной жизни. Они могут колебаться между личными интересами и моральными убеждениями, испытывать внутренние конфликты. Высокий уровень - 65% испытуемых обладает развитым нравственным сознанием, способны самостоятельно формулировать нравственные принципы и руководствоваться ими в своей жизни. Они ценят свободу, справедливость, равенство и уважение к человеческому достоинству.

4. Самоозабоченность (сосредоточенность на собственных потребностях и интересах). Низкий уровень - 6% подростков совсем не сосредоточено на своих потребностях и интересах. Средний уровень - 65% испытуемых заботятся о своих потребностях и интересах, но способны учитывать интересы других людей. Высокий уровень - 29% испытуемых в основном сосредоточены на себе.

5. Самопожертвование (готовность ставить интересы других выше своих собственных). Низкий уровень - 12% испытуемых не склонны ставить интересы других выше своих собственных. Средний уровень - 53% подростков готовы оказывать помощь, но не в ущерб себе. Высокий уровень - 35% испытуемых готовы ставить интересы других выше своих, даже если это связано с жертвами.

6. Самоуважение (чувство собственного достоинства и уверенность в себе). Низкий уровень - 18% испытуемых имеют недостаток уверенности в себе. Средний уровень - 47% подростков уважают себя, но нуждаются в одобрении окружающих. Высокий уровень - 35% испытуемых уверены в себе, обладают здоровой самооценкой и чувством собственного достоинства.

Обобщение данных проведенного исследования позволяет выделить следующие особенности оценки обучающимися подросткового возраста ситуаций морального выбора:

Испытуемые, имеющие высокий уровень нравственного развития характеризуются преимущественно высоким уровнем воспитанности. Это говорит о том, что эти испытуемые демонстрируют устойчивое положительное поведение, основанное на сформированной гражданской позиции, а также проявления самоорганизации и саморегуляции. Также у них преобладает постконвенциональный уровень морали. Это означает, что нравственные решения принимаются на основе сформированных, осознанных, глубинных моральных ценностей. У таких подростков преобладает опора на самоуважение, стремлением к самосовершенствованию, гражданской ответственностью и готовностью к нравственному лидерству.

Подростки со средним уровнем нравственного развития чаще всего имеют средний уровень воспитанности, иногда - высокий. Нравственные нормы понимаются такими обучающимися, но их применение в различных ситуациях может быть нестабильным. В основном в данной группе подростков преобладает конвенциональный уровень морали, т.е. нравственные решения принимаются исходя из стремления соответствовать ожиданиям окружающих

или поддерживать существующий порядок. Этим испытуемым в большей степени присущ средний уровень самопожертвования, они хорошо адаптированы к социальной среде, но в меньшей степени склонны к самостоятельным нравственным решениям и проявлению лидерских качеств.

Испытуемые, имеющие низкий уровень нравственного развития, характеризуются преимущественно низким уровнем воспитанности, так как в основном их поведение управляется требованиями извне. У таких обучающихся преобладает доконвенциональный уровень морали и высокая озабоченность собой. Это означает, что нравственные решения принимаются исходя из личной выгоды или стремления избежать наказания, при этом основное внимание уделяется своим потребностям.

Выводы

Таким образом, результаты проведенного исследования подтверждают наше предположение о том, что оценка ситуаций морального выбора обучающимися подросткового возраста зависит от уровня нравственного развития и воспитанности подростка, а также преобладающей модели принятия решения (доконвенциональная, конвенциональная, постконвенциональная).

Список литературных источников

1. Mar'enko I.S. Nравstvennoe stanovlenie lichnosti shkol'nika. - Moskva: Pedagogika, 2005. 194p.
2. Abutalipova L.N., Grishanova I.A. O duhovnosti, nравstvennosti, patriotizme // Universitetskaya biblioteka : cherez tradicii - k innovaciyam. - Kazan' : KGTU, 2007. Pp. 188-190.
3. Grigorovich L.A., Marcinkovskaya T.D. Pedagogika i psihologiya. - Moskva.: Gardariki, 2013. 480p.
4. Piazhe Zh. Izbrannye psihologicheskie trudy. — Moskva: Prosveshchenie, 1969. - 659 p.
5. Rest Dzh.R. Razvitie nравstvennosti: dostizheniya v issledovaniyah i teorii. — Moskva: Gardariki, 2016. – 424 p.

МРНТИ: 44.29.33

**T.V. Bedych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the
Department of Energy and Mechanical Engineering**

**A.A. Andreykin, Student of the Department of Energy and Mechanical
Engineering**

**Kostanay University of Engineering and Economics named after M.Dulatov
110007, Kostanay, Kazakhstan**

Damage to the Main Equipment of Substations: The Case of Power Transformers

Түйіндеме. Қосалқы станциялардағы күштік трансформаторлардың зақымдану себептері, олардың пайдалану шарттары, сондай-ақ электр энергетикалық жабдықтардың сенімділігін арттыруға бағытталған техникалық жағдайын диагностикалау және бақылау әдістері.

Аннотация. Основные причины повреждений силовых трансформаторов на подстанциях, условия их эксплуатации, а также методы диагностики и контроля технического состояния, направленные на повышение надежности работы электроэнергетического оборудования.

Abstract. Causes of damage to power transformers at substations, their operating conditions, as well as methods for diagnosing and monitoring the technical condition aimed at improving the reliability of power equipment.

Түйін сөздер: Күштік трансформатор, электр қосалқы станциясы, жабдықтың зақымдануы, трансформатор диагностикасы, оқшаулау, электр жабдықтарының сенімділігі, қысқа тұйықталу, трансформатор орамдары, ішінара разрядтар, трансформатор майы, электродинамикалық күштер, жағдайды мониторингтеу, жылулық бақылау, жабдықты пайдалану, апаттық режимдер.

Ключевые слова: Силовой трансформатор, электрическая подстанция, повреждение оборудования, диагностика трансформаторов, изоляция, надежность электрооборудования, короткое замыкание, обмотки трансформатора, частичные разряды, трансформаторное масло, электродинамические силы, мониторинг состояния, тепловой контроль, эксплуатация оборудования, аварийные режимы.

Key words: Power transformer, electrical substation, equipment damage, transformer diagnostics, insulation, reliability of electrical equipment, short circuit, transformer windings, partial discharges, transformer oil, electrodynamic forces, condition monitoring, thermal monitoring, equipment operation, emergency conditions.

Introduction

The reliable operation of electrical power equipment is one of the key factors ensuring the stable functioning of industrial enterprises and infrastructure facilities. The power supply of technological processes is carried out through electrical substations, the main elements of which are power transformers. The continuity of electricity supply to consumers directly depends on their technical condition.

The failure of a power transformer can lead to significant economic losses, shutdown of technological processes, undersupply of electrical energy, and in some cases to emergency situations that pose a danger to operating personnel. Damage to transformers of intersystem connections and high-voltage substations is particularly critical, as they ensure the transmission of large power flows within the power system.

Due to the high cost of power transformers and the long time required for their manufacturing and repair, ensuring their reliable operation is of particular importance. Therefore, an important task is the timely detection of defects and the assessment of the technical condition of the equipment in order to prevent accidents and extend its service life.

Research Object and Methodology

The object of the study is power transformers of electrical substations operating under long-term service conditions and exposed to various operational factors.

Power transformers operate continuously under the influence of high voltages and significant electrical loads. The equipment is operated under various climatic conditions, which also affect its condition. In addition to external factors, transformers are influenced by internal electrical, magnetic, mechanical, thermal, and chemical processes.

During operation, materials gradually age, primarily insulation, and structural elements undergo wear. Prolonged exposure to loads, temperature conditions, and external factors can lead to a deterioration of the electrical and mechanical characteristics of the equipment. Without timely monitoring, these processes may result in the development of defects and the occurrence of emergency operating conditions [1].

Additional causes of damage may include manufacturing defects, installation errors, poor-quality repairs, or violations of operating conditions [8].

The assessment of the technical condition of transformers is carried out using a set of diagnostic methods. The technical condition of the equipment is characterized by a combination of electrical, mechanical, and chemical parameters regulated by

normative documentation and the rules for the technical operation of electrical installations of the Republic of Kazakhstan.

The main diagnostic methods include:

- analysis of dissolved gases in transformer oil;
- insulation resistance measurement;
- monitoring of operating temperature conditions;
- measurement of partial discharges;
- thermal imaging inspection;
- analysis of vibration and acoustic signals [3].

The use of these methods makes it possible to assess the condition of transformers both during scheduled testing and during operational monitoring without disconnecting the equipment from the power network.

Research results

Analysis of operational statistics shows that a decrease in the reliability of transformer operation can be caused by a number of factors.

The main causes of damage to power transformers include:

- overheating of elements of the transformer active part;
- destruction of electrical insulation between structural elements;
- moisture ingress into insulation during operation;
- formation of gases in transformer oil;
- aging of insulating materials;
- mechanical deformation of windings;
- wear of contacts of tap-changing devices;
- failure of protection and control systems;
- occurrence of partial discharges in insulation;
- damage and moisture ingress into bushings;
- manufacturing defects and poor-quality repairs;
- failure of the cooling system [2].

Internal defects of the windings of power transformers occupy a special place among the types of damage. They are accompanied by significant damage to the active part of the equipment and require extensive repair [4].

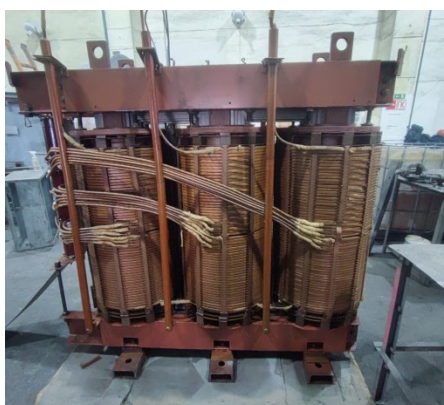


Figure 1 – Damaged windings of a transformer of type TMH-1600/35-80Y1

One of the causes of such damage is the breakdown of turn-to-turn insulation, which occurs as a result of the aging of insulating materials, the influence of overvoltages, and the development of partial discharges. Partial discharges may arise due to switching and lightning overvoltages, as well as the presence of local insulation defects [6].



Figure 2 – Damage to the internal insulation of power transformer windings

Another cause of damage is the insufficient electrodynamic strength of the windings during short circuits. When short-circuit currents flow, significant electrodynamic forces act on the winding conductors, causing mechanical deformations [7].

These forces are determined by the expression:

$$F = IBlsin\alpha \quad [1]$$

I — current in the winding conductor;

B — magnetic induction;

l — length of the conductor;

α — angle between the direction of the current and the magnetic field vector.

Under the influence of these forces, various types of mechanical damage may occur:

- axial deformation of windings;
- radial deformation;
- displacement of conductors;
- twisting or untwisting of windings;
- weakening of winding compression;
- damage to pressing elements of the structure;
- turn-to-turn short circuits [5].

Such defects lead to a deterioration of the electrical strength of insulation and may cause internal short circuits. According to power system statistics, a significant number of outages of high-voltage power transformers are associated with internal short circuits.

Conclusions

Power transformers are one of the most critical elements of electrical substations, ensuring the transmission and distribution of electrical energy.

The main causes of transformer damage are insulation aging, overheating of elements of the active part, mechanical deformation of windings, and the effects of short-circuit currents. Operational factors, manufacturing defects, and violations of operating conditions also play a significant role.

The use of modern diagnostic methods and monitoring systems makes it possible to detect defects in transformer equipment in a timely manner and prevent the development of emergency situations.

Improving the effectiveness of technical control and regularly conducting diagnostic procedures contributes to extending the service life of power transformers and increasing the reliability of electric power systems.

List of References

1. Alekseev, B. A. Kontrol' sostoianiiia (diagnostika) krupnykh silovykh transformatorov. Moscow: NC ENAS, 2002. 215 p.
2. Chichinskiy, M. I. Povrezhdaemost' maslonapolnennogo oborudovaniia elektricheskikh setei i kachestvo kontrolya ego sostoianiiia // Energetik. 2000. No. 11.
3. Aksenov, Yu. P. Monitoring tekhnicheskogo sostoianiiia vysokovol'tnoi izoliatsii elektrooborudovaniia energeticheskogo naznacheniiia v ekspluatatsii i pri remontakh. Moscow: Nautehlitizdat, 2002. 338 p.
4. Lizunov, S. D., Lokhanin, A. K. (eds.). Silovye transformatory. Spravochnaia kniga. Moscow: Energoizdat, 2004. 616 p.
5. Mikheev, G. M. Elektrostantsii i elektricheskie seti. Diagnostika i kontrol' elektrooborudovaniia. Moscow: Dodeka-XXI, 2010. 224 p.
6. Khrennikov, A. Yu. Osnovnye prichiny povrezhdeniia obmotok silovykh transformatorov pri korotkikh zamykaniyakh // Elektrichestvo. 2006. No. 7. P. 17–24.
7. Khrennikov, A. Yu. Opyt obnaruzheniia ostatochnykh deformatsii obmotok silovykh transformatorov // Energetik. 2003. No. 7.
8. Khrennikov, A. Yu., Kikov, O. M. Diagnostika silovykh transformatorov v Samaraenergo metodom nizkovol'tnykh impul'sov // Elektricheskie stantsii. 2003. No. 11.

МРНТИ: 44.29.37

**T.V. Bedych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the
Department of Energy and Mechanical Engineering**

**E.M. Kirichenko, Student of the Department of Energy and Mechanical
Engineering**

**Kostanay University of Engineering and Economics named after M.Dulatov
110007, Kostanay, Kazakhstan**

Analysis of emergency modes in 6-10 kV electrical networks and methods of their detection

Түйіндеме: Мақалада бір фазалы жерге тұйықталу және фазалық сымдардың үзілуі кезінде пайда болатын кернеуі 6-10 кВ электр тарату желілеріндегі апаттық режимдер қарастырылады. Бұл зақымданулардың себептері, олардың электр жабдықтары мен тұтынушылардың жұмысына әсері талданады. Төтенше жағдайларды есептеу ерекшеліктері және оқшауланған бейтарап желілердегі зақымдануды анықтау әдістері қарастырылған. Электр желілері жұмысының сенімділігін арттыру шаралары ұсынылды.

Аннотация: В статье рассматриваются аварийные режимы в распределительных электрических сетях напряжением 6–10 кВ, возникающие при однофазных замыканиях на землю и обрывах фазных проводов. Проанализированы причины возникновения данных повреждений, их влияние на работу электрооборудования и потребителей. Рассмотрены особенности расчёта аварийных режимов и методы обнаружения повреждений в сетях с изолированной нейтралью. Предложены меры повышения надежности работы электрических сетей.

Abstract: The article discusses emergency modes in electrical distribution networks with a voltage of 6-10 kV that occur during single-phase earth faults and phase wire breaks. The causes of these damages and their impact on the operation of electrical equipment and consumers are analyzed. The features of calculating emergency modes and methods of detecting damage in networks with an isolated neutral are considered. Measures to improve the reliability of electrical networks are proposed.

Түйін сөздер: Электр желілері, әуе электр беру желісі, жерге тұйықталу, фазалық сым үзілуі, кернеу, асқын кернеу, қорғаныс жүйесі, электр жабдықтары, апаттық режим, электрмен жабдықтау, оқшаулау, сенімділік, қысқа тұйықталу, желі параметрлері, фазалық теңгерімсіздік.

Ключевые слова: Электрические сети, воздушные линии электропередачи, замыкание на землю, обрыв фазного провода, напряжение, перенапряжение, релейная защита, электрооборудование, аварийный режим,

электроснабжение, изоляция, надежность, короткое замыкание, параметры сети, несимметрия фаз.

Keywords: Electrical networks, overhead power lines, ground fault, phase conductor break, voltage, overvoltage, relay protection, electrical equipment, emergency mode, power supply, insulation, reliability, short circuit, network parameters, phase imbalance.

Introduction

Distribution-level electrical networks with a voltage of 6-10 kV are an important element of the power supply system. They are designed to transfer electrical energy from step-down substations to transformer stations and further to end users. Such networks are widely used for power supply to industrial enterprises, municipal facilities, agricultural complexes and settlements.

A special feature of distribution networks of this voltage class is their considerable length, the presence of a large number of branches and operation in various natural and climatic conditions. Most of the lines are made in the form of overhead power transmission lines, which are exposed to external environmental factors. Such factors include strong wind, precipitation, ice, lightning discharges, as well as mechanical effects on the elements of the lines. Together, these factors have a significant impact on the reliability of electrical networks.

During the operation of distribution networks, various emergency modes may occur, leading to disruption of the normal operation of the power supply system. The most common damages in 6-10 kV networks are single-phase earth faults and breaks in the phase wires of overhead power lines. Such damage occurs due to mechanical damage to wires and insulation, aging of equipment, atmospheric influences, falling of foreign objects on live parts, as well as due to the unsatisfactory technical condition of the elements of the electrical network.

Single-phase earth faults are one of the most common types of damage in medium voltage networks, especially in networks with isolated or compensated neutral. When such a mode occurs, one of the phases of the electrical network is connected to the ground or grounded structures. Despite the fact that short-circuit currents in such networks can have relatively small values, this emergency mode can cause a number of dangerous consequences. These include the occurrence of overvoltages in intact phases, accelerated aging of equipment insulation, as well as the transition of emergency mode to more severe forms of damage, including phase-to-phase short circuits.

Breaks in the phase wires of overhead power lines are an equally serious problem. A wire break may cause the live element to fall to the ground or hang on the supports of the line. Such damage creates a risk of electric shock to humans and animals, and also causes a violation of the symmetry of the three-phase voltage system. As a result, the quality of electrical energy deteriorates, which can lead to

failure of electrical receivers, especially three-phase electric motors and other sensitive equipment.

The difficulty in detecting such damage lies in the fact that existing relay protection and automation devices are not always able to respond effectively to emergency modes of this type. In some cases, the network parameters change slightly, which makes it difficult to identify the damage site in a timely manner and increases the duration of emergency outages [3].

In this regard, the analysis of the causes of emergency modes in 6-10 kV distribution networks, as well as the improvement of methods for their calculation and detection, is of particular relevance. Improving the efficiency of protection and alarm systems reduces the likelihood of equipment damage, increases the reliability of power supply to consumers, and reduces emergency response time.

Research Object and Methodology

The object of the study is distribution electric networks with a voltage of 6-10 kV, used for power supply to various consumers [1]. These networks include overhead power transmission lines, transformer substations, switching equipment, and protection systems. The main feature of such networks is their considerable length, the presence of a large number of branches and operation in various natural and climatic conditions [4].

Various emergency modes may occur during the operation of 6-10 kV distribution networks. The most typical of these are single-phase earth faults and breaks in the phase wires of overhead power lines. Such damages have a significant impact on the operating modes of the network, lead to overvoltage, a violation of the symmetry of phase voltages and a deterioration in the quality of power supply to consumers.



Figure 1 – Damaged power line

The study focuses on the analysis of network operating modes in the event of a phase wire break accompanied by an earth fault. Such damages are classified as complex emergency conditions, since they are characterized by a combination of several factors: changes in the electrical parameters of the network, a violation of the balance of phase voltages and the occurrence of earth fault currents [2].

Methods of mathematical modeling of the electrical network are used to analyze emergency modes. The electrical circuit of the distribution network is divided into separate sections, each of which is represented as a multi-pole element. This

approach allows you to take into account the electrical parameters of lines, loads and network elements when calculating operating modes.

In the study of asymmetric modes, the phase coordinate method is used, which makes it possible to more accurately describe the processes occurring in the electrical network in case of damage. This model takes into account the parameters of each phase of the power transmission line, as well as the influence of mutual connections between the wires [6].

During the simulation, the earth is considered as an additional conductor that is not connected to a power source. The potential of the earth in this model is determined by the network parameters and the configuration of the electrical circuit. In this case, the earth fault current is limited by the capacitive parameters of the power transmission line and the characteristics of the network.

The use of the phase coordinate method makes it possible to analyze complex emergency modes that occur when various damages are combined, as well as to evaluate the influence of network parameters on the magnitude of voltages and currents in emergency modes. This allows us to more accurately determine the conditions for the occurrence of dangerous network modes and develop recommendations for improving the effectiveness of protection and damage alarm systems [5].

Research results

The analysis of emergency modes in electrical distribution networks with a voltage of 6-10 kV has shown that the most common damages are single-phase earth faults and breaks in the phase wires of overhead power lines. These damages significantly affect the operating mode of the network and can lead to disruption of the stability of the power supply to consumers.

As a result of the study, it was found that when a single-phase earth fault occurs in the network, the voltage is redistributed between the phases. The voltage on the undamaged phases can increase significantly compared to the nominal value. Such an increase in voltage creates additional stresses on the insulation of electrical equipment and can lead to its damage.

It was also found that prolonged operation of the network in single-phase earth fault mode leads to accelerated aging of the insulation of electrical machines, transformers and cable lines. As a result, the likelihood of repeated damage and emergency shutdowns increases.

Special attention in the course of the study was paid to the operating modes of the network when the phase wire is broken. It is established that phase interruption leads to a violation of the symmetry of the three-phase voltage system. Under such conditions, there is a significant change in phase voltages on the low-voltage side of transformer substations. In the open phase, the voltage can decrease sharply, while in the other two phases, voltage deviations from the nominal values occur.

The violation of voltage symmetry negatively affects the operation of electrical receivers, especially three-phase electric motors. During prolonged operation in

conditions of phase asymmetry, the windings of electric motors may overheat, reduce their power and fail prematurely.

The analysis also revealed that existing protection devices are not always able to detect phase wire breaks in a timely manner. This is due to the fact that when the phase is interrupted, the current in the line may not increase to values sufficient to trigger current protections. As a result, the damage may remain undetected for a long time, which increases the likelihood of additional emergencies.

Simulation of emergency modes using the phase coordinate method made it possible to establish the dependence of the voltage parameters of the zero sequence on the characteristics of the electrical network, including the length of the line, load parameters and network configuration. The results show that the sensitivity of alarm systems significantly depends on these parameters.

Analysis of the simulation results showed that with a significant length of lines and a low load, existing alarm systems may not detect the mode of an open phase wire with an earth fault. In such conditions, the need for more sensitive network parameter monitoring devices increases.

The results obtained confirm the need to improve protection and alarm systems in 6-10 kV distribution networks. The use of devices based on voltage monitoring of the zero and reverse sequence makes it possible to increase the efficiency of damage detection and reduce the time needed to find an emergency section of the network.

Conclusions

As a result of the conducted research, it was found that distribution electric networks with a voltage of 6-10 kV are subject to various emergency modes, the most common of which are single-phase earth faults and breaks in phase wires of overhead power transmission lines. These damages have a significant impact on the operating modes of the electrical network and can lead to a deterioration in the quality of power supply to consumers.

The analysis showed that when a single-phase earth fault occurs, the phase voltages are redistributed, as a result of which the voltage on the intact phases can increase. This leads to an additional load on the insulation of the equipment and increases the likelihood of subsequent damage to the electrical network.

It has also been established that a phase wire break causes a violation of the symmetry of a three-phase voltage system. As a result, voltage deviations occur in the phases, which negatively affects the operation of electrical receivers, especially three-phase electric motors, and can lead to their overheating and premature failure.

The analysis showed that existing relay protection devices do not always provide timely detection of damage associated with phase wire breaks and ground faults. This is due to the fact that the parameters of the electrical network in some emergency modes change slightly and do not reach the threshold values for the operation of protective devices.

The results of the study confirm the need to improve methods for detecting emergency modes in 6-10 kV distribution networks. The use of zero- and reverse-sequence voltage analysis methods, as well as the use of more sensitive network

parameter monitoring devices, make it possible to increase the efficiency of damage detection and reduce the time for their localization.

Improving the efficiency of control and protection systems of distribution networks helps to increase the reliability of power supply, reduce the likelihood of equipment damage and increase the safety level of operation of electric networks.

List of References

1. Solovyov, V. D. Obryvy faznykh provodov v seti 6–10 kV // Mirovaya nauka. 2019. No. 12.
2. Leonov, O. A. Analiz posledstviy odnofaznykh zamykaniy na zemlyu v sel'skikh setyakh 6–10 kV // Simvol nauki. 2017. No. 3.
3. Klochkov, A. N. Metodika rascheta i obnaruzheniya zamykaniy na zemlyu s obryvami faznogo provoda v sel'skikh setyakh 10 kV // Elektrotehnika. 2010. No. 11.
4. Kudrin, B. I. Elektrosnabzhenie promyshlennykh predpriyatiy. Moscow: Energiya.
5. Fedorov, A. A., Kameneva, V. V. Osnovy elektrosnabzheniya promyshlennykh predpriyatiy. Moscow: Energoatomizdat.
6. Pravila ustroystva elektroustanovok (PUE). Current edition.

MRNTI 50.47.29

M.Yu. Zarubin, Candidate of Technical Sciences, Professor Department of Information Technology and Automation

V.O. Lukyanenko, student Department of Information Technology and Automation

K.A. Kolomiyets, student Department of Information Technology and Automation

Kostanay Engineering and Economic University named after M. Dulatov, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan

Adaptive Neural Network Control for Energy-Efficient Drying of Iron Ore Concentrate

Түйіндеме. Жұмыста темір рудасы концентратын кептіру процесінің энергия тұтынуын адаптивті басқару негізінде төмендету мәселесі қарастырылады. Кептіру агрегатының математикалық моделі әзірленіп, MATLAB/Simulink ортасында іске асырылды. Оның негізінде радиалды базистік нейрондық желілерді қолданатын адаптивті басқару жүйесі ұсынылып, Siemens SIMATIC S7-300 өнеркәсіптік контроллерінде жүзеге асырылды. Модельдеу және натурлық эксперимент нәтижелері технологиялық процестің тұрақтылығының артқанын және табиғи газ шығынының төмендегенін көрсетті. Ұсынылған шешім байыту кәсіпорындарының басқару жүйелерін жаңғыртуда қолданылуы мүмкін.

Аннотация. В работе рассматривается задача снижения энергопотребления процесса сушки железорудного концентрата на основе адаптивного управления. Разработана математическая модель сушильного агрегата и реализована в среде MATLAB/Simulink. На её основе предложена адаптивная система управления с использованием нейронных сетей радиального базиса, реализованная на промышленном контроллере Siemens SIMATIC S7-300. Результаты моделирования и натурных испытаний подтверждают повышение устойчивости технологического процесса и снижение расхода природного газа. Предложенное решение может быть использовано при модернизации систем управления обогатительных предприятий.

Abstract. This study addresses the problem of reducing energy consumption in the drying process of iron ore concentrate through adaptive control. A mathematical model of the drying unit was developed and implemented in the MATLAB/Simulink environment. Based on the model, an adaptive control system using RBF neural networks was designed and subsequently implemented on an industrial controller Siemens SIMATIC S7-300. Experimental and simulation results confirm the effectiveness of the proposed approach, demonstrating a reduction in natural gas consumption and improved stability of process parameters.

Түйін сөздер: темір рудасы концентратын кептіру, энергия тиімділігі, адаптивті басқару, нейрондық желілер, процесті оптимизация, MATLAB ортасында модельдеу, газ шығынын азайту.

Ключевые слова: сушка железорудного концентрата, энергоэффективность, адаптивное управление, нейронные сети, оптимизация процесса, моделирование в MATLAB, снижение расхода газа.

Keywords: iron ore drying, energy efficiency, adaptive control, neural networks, process optimization, MATLAB modeling, gas consumption reduction.

Introduction

In the context of the global energy transition and increasing energy costs, improving the efficiency of industrial processes has become a critical priority for energy-intensive sectors. The mining and processing industry, which plays a key role in the economy of Kazakhstan, is characterized by high energy consumption, particularly at the stages of thermal processing of raw materials. One of the most energy-demanding operations in this sector is the drying of iron ore concentrate, which is required to ensure safe transportation and compliance with technological standards.

In regions with cold climates, including Kazakhstan, the drying process becomes especially important due to the risk of freezing of moist concentrate during

transportation. In addition, when transporting bulk materials by sea, the moisture content must comply with the Transportable Moisture Limit (TML) established by international maritime regulations to prevent cargo liquefaction. These factors necessitate the use of energy-intensive drying processes, leading to increased operational costs and higher fuel consumption.

Despite the long history of research in the field of drying processes, most existing industrial control systems are limited to maintaining individual technological parameters at predefined levels. Such approaches do not ensure optimal energy efficiency, particularly under conditions of variable operating regimes and nonlinear process dynamics. At the same time, modern control technologies, including adaptive systems and artificial intelligence methods, offer new opportunities for improving process performance.

Recent studies have demonstrated the potential of neural network-based approaches in solving complex nonlinear control problems. However, their application in real industrial drying systems remains limited, especially in terms of practical implementation on industrial controllers and integration into existing automation infrastructures.

Therefore, the aim of this study is to develop and investigate an adaptive control system for the drying process of iron ore concentrate based on neural networks. The proposed approach combines mathematical modeling, simulation in the MATLAB/Simulink environment, and practical implementation on a Siemens SIMATIC S7-300 industrial controller. The research focuses on optimizing the gas–air ratio as a key control parameter to reduce natural gas consumption while maintaining process stability.

Object and Methods

The object of this study is an industrial drum drying unit of type BS 3.5–27 equipped with DT-20 plate feeders and a GVK-10 gas–air heater, widely used in iron ore beneficiation plants. The drying process is carried out by direct contact of the material with hot flue gases generated through the combustion of natural gas. The efficiency of the process is largely determined by the control of key technological parameters, including the temperature of exhaust gases, pressure (draft), and the gas–air ratio.

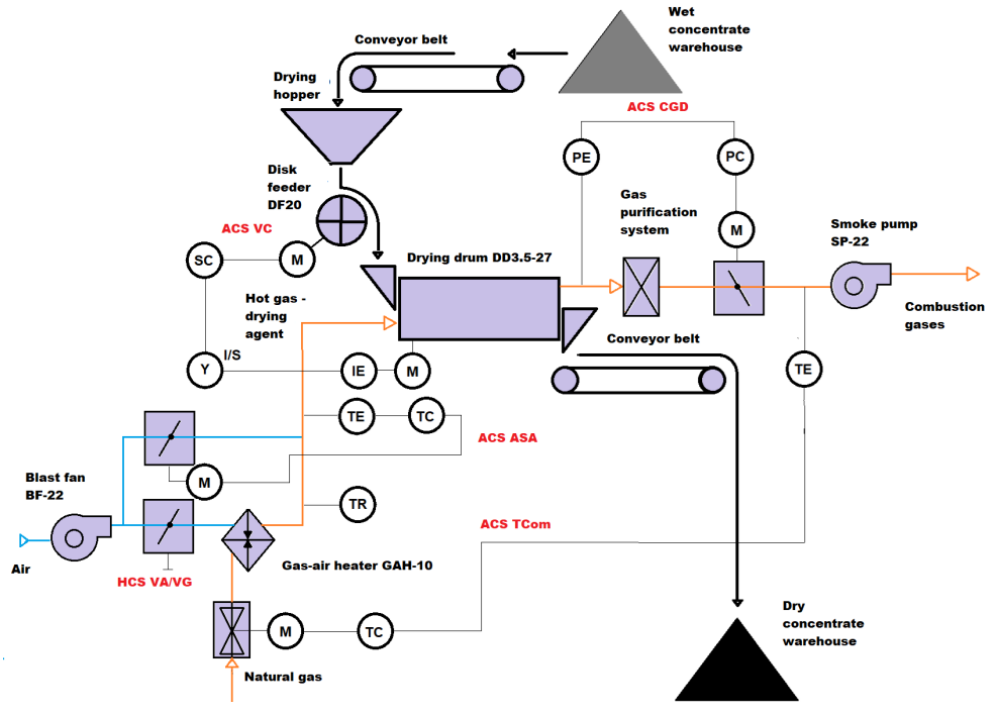


Figure 1. Scheme of the process of concentrate drying.

The research methodology is based on an integrated approach combining experimental studies, mathematical modeling, simulation, and practical implementation. At the initial stage, dynamic characteristics of the drying process were obtained through full-scale experimental measurements of system responses to step changes in control inputs. These data were used to identify the main parameters of the process and to construct a mathematical model.

The mathematical model of the drying unit was developed using analytical and empirical methods, taking into account the nonlinear behavior of the system. Particular attention was paid to the approximation of multidimensional dependencies describing the relationship between process variables. For this purpose, several interpolation techniques were investigated, including piecewise linear interpolation, Lagrange polynomials, cubic splines, and Akima splines.

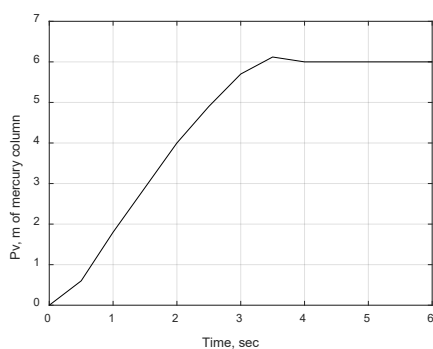
To improve the adaptability and robustness of the control system under varying operating conditions, a neural network-based approach was employed. A radial basis function (RBF) neural network was selected due to its capability to approximate nonlinear functions with high accuracy and relatively simple training procedures. The neural network was used to model complex dependencies and to support the adaptive adjustment of control parameters in real time.

Simulation modeling of the drying process and the control system was performed in the MATLAB/Simulink environment. A digital twin of the technological process was created, allowing comparative analysis of conventional control strategies and the proposed adaptive approach. The main optimization criterion was the minimization of natural gas consumption while maintaining stable process conditions and required product quality.

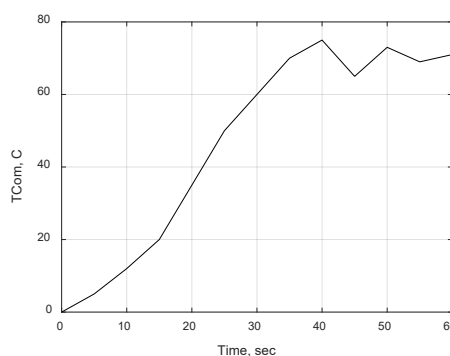
For practical validation, the developed control algorithm was implemented on an industrial programmable logic controller Siemens SIMATIC S7-300. The implementation included integration of the neural network model into the control logic and testing under conditions close to real industrial operation. This approach ensured the applicability of the proposed solution for modernization of existing control systems in beneficiation plants.

Results

The developed digital twin of the drying process for iron ore concentrate, implemented in MATLAB/Simulink (Figure 3), has been validated against experimental step-response data obtained from a BS 3.5-27 drum dryer at SSGPO JSC. The transient characteristics of the main sub-processes – pressure drop, off-gas temperature, and gas/air ratio – are presented in Figure 2. These responses exhibit non-linear, multi-parametric behavior, which necessitated the use of advanced approximation methods.



H(t) exhaust gas discharge



H(t) exhaust gas temperatures

Figure 2. Graphs of the recorded acceleration characteristics from the control objects.

To model the non-linear functions Φ_{V} (gas flow) and Φ_{T} (temperature), several interpolation algorithms were compared on a uniform grid: piecewise linear interpolation, Lagrange polynomial, cubic spline, Akima spline, and a Radial Basis Function (RBF) neural network. Table 1 summarizes the computational time required for each method on a standard Intel Core i3-5005U processor.

Table 1 — Interpolation execution time of the model, seconds.

Interpolation algorithm	Time, seconds
Piecewise linear interpolation	0.27
Lagrange polynomial	1.69
Cubic spline	0.53
Akima spline	0.43
RBF neural network	1.11

While the RBF network is not the fastest in training, it provides superior generalization for unseen operating conditions, making it suitable for adaptive

control. Based on these findings, a self-tuning control structure was designed, where the gas/air ratio is dynamically optimized. The comparative simulation setup allowed side-by-side evaluation of the conventional automated system versus the proposed neural-adaptive controller under identical feed conditions.

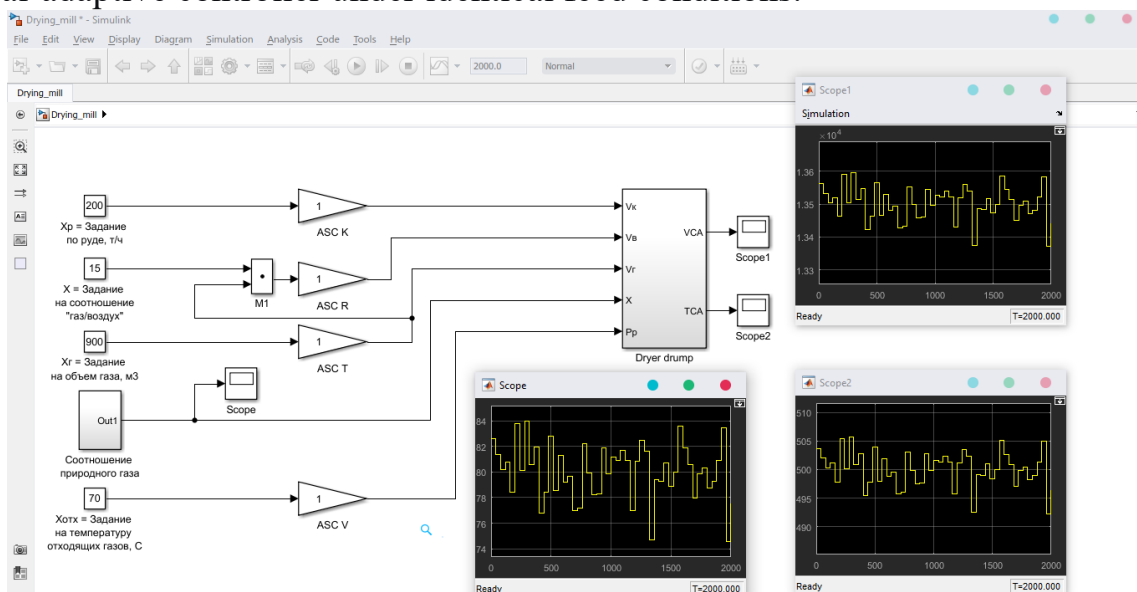


Figure 3. Digital model.

The simulation results demonstrate that the adaptive neural controller achieves a reduction in natural gas consumption of approximately 100 m³ per day per drying unit. Extrapolated to a typical beneficiation plant operating multiple units, monthly savings exceed 18,000 m³ of natural gas.

Integration of Advanced AI Technologies for Modeling Space Construction

Recent global research (2023–2025) has shifted from conventional neural approximators (e.g., RBF networks) toward more sophisticated AI paradigms that can further enhance the modeling and control space. The following advanced technologies are highly applicable to the drying process:

- **Deep Reinforcement Learning (DRL):** Algorithms such as Soft Actor-Critic (SAC) and Twin Delayed DDPG (TD3) can learn optimal gas/air ratio policies directly from historical process data without requiring an explicit model. DRL handles the non-linear, time-delayed dynamics of the dryer and can adapt to varying concentrate moisture content in real time.

- **Transformer-based Time Series Models:** Architectures like Informer or Autoformer have proven superior in capturing long-range dependencies in industrial sensor data (temperature, pressure, flow). They can be used to build a high-fidelity dynamic model of the drying drum, serving as a digital twin core.

- **Graph Neural Networks (GNNs):** The drying unit can be represented as a graph where nodes correspond to physical zones (feed inlet, flame zone, exhaust) and edges represent mass/energy flows. GNNs naturally incorporate the process topology and improve prediction accuracy for spatial temperature profiles.

- **Federated Learning for Multi-Unit Optimization:** At a large plant with several parallel dryers, federated learning allows each local controller to learn from its own data while sharing only anonymized model updates with a central server. This preserves operational confidentiality while leveraging collective intelligence to optimize overall gas consumption.

- **Large Language Models (LLMs) as Operator Co-pilots:** Fine-tuned industrial LLMs (e.g., GPT-4-based or LLaMA-derived models) can provide real-time decision support, anomaly explanation, and setpoint recommendations to human operators, reducing subjective variability.

Implementing these AI technologies within a hierarchical control architecture (edge computing for real-time DRL, cloud/on-premise servers for transformer/GNN training) would enable a **self-evolving modeling space** – a digital twin that continuously learns from new data and adapts to equipment degradation or changes in concentrate properties. This represents a paradigm shift from static interpolation models to adaptive, generative models of the drying process.

The proven saving of at least 18,000 m³ of natural gas per month per plant translates directly into measurable environmental benefits. Based on standard emission factors (IPCC guidelines: 56.1 kg CO₂ per GJ for natural gas; net calorific value of natural gas ≈ 35.6 MJ/m³), the avoided CO₂ emissions are calculated as:

- Monthly gas saving: 18,000 m³

- Energy equivalent: 18,000 m³ × 35.6 MJ/m³ = 640,800 MJ = 640.8 GJ

- CO₂ reduction: 640.8 GJ × 56.1 kg CO₂/GJ ≈ **35,950 kg CO₂ per month** (≈ 36 tonnes CO₂/month)

Annually, this amounts to approximately **432 tonnes of CO₂** not released into the atmosphere per single beneficiation plant. For the entire Kazakhstani mining sector (multiple dryers across several plants), the potential reduction could exceed several thousand tonnes of CO₂ per year.

Furthermore, the adaptive control system reduces incomplete combustion episodes and minimizes methane slip – methane being a greenhouse gas 28 times more potent than CO₂ over a 100-year horizon. Thus, the proposed AI-enhanced optimization directly supports Kazakhstan's commitments under the Paris Agreement and contributes to the decarbonization goals of the mining and metallurgical industry.

In summary, the combination of validated digital models, modern AI techniques (DRL, transformers, GNNs, federated learning), and precise gas/air ratio control delivers both economic savings and substantial ecological benefits, making a strong case for upgrading legacy dryer control systems.

For industrial deployment of the proposed adaptive control system, the trained neural network must be implemented directly in the programmable logic controller (PLC) to enable real-time, on-device inference without relying on external computing resources. The following implementation is based on established methods for BP neural network realisation in Siemens SIMATIC S7-300 series PLCs using STEP 7 Classic (V5.x) or TIA Portal.

Implementation Architecture

- The BP neural network architecture used in this study comprises:
- **Input layer:** 2 parameters (temperature of off-gases, gas/air ratio)
- **Hidden layer:** 10 neurons (empirically determined)
- **Output layer:** 1 neuron (optimised gas/air ratio setpoint)

The trained network parameters (weights w_{ij} , w_{jk} , biases a_j , b_k , scaling factors) are pre-computed offline in MATLAB (using the Neural Network Toolbox) and then transferred to the PLC as static data blocks.

Data Block Structure

Following the method disclosed in Chinese Patent CN104007659B, twelve data blocks (DB1 to DB12) are defined in the S7-300 PLC system to store all neural network variables (Table 2).

Table 2 – Structure of the blocks.

Data Block	Content
DB1	Input variables (normalised temperature, current gas/air ratio)
DB2	Hidden layer inputs (weighted sums before activation)
DB3	Hidden layer outputs (after sigmoid activation)
DB4	Output layer inputs
DB5	Output variable (optimised gas/air ratio setpoint)
DB6	Weights w_{ij} (input \rightarrow hidden)
DB7	Weights w_{jk} (hidden \rightarrow output)
DB8	Thresholds a_j (hidden layer biases)
DB9	Thresholds b_k (output layer bias)
DB10	Error terms e_k (for optional on-line learning)
DB11	Learning rate η (if on-line adaptation is enabled)
DB12	Expected output (for validation)

STEP 7 Code (Structured Control Language – SCL)

Below is the complete SCL implementation of the forward propagation (inference) routine for the drying process neural controller. The code is structured as a reusable Function Block (FB) that can be called cyclically in OB1.

```
scl
FUNCTION_BLOCK FB100 "Neural_Dryer_Controller"
TITLE = 'Neural Network Controller for Iron Ore Dryer'
VERSION : 0.1

// -----
// Interface declaration
// -----
VAR_INPUT
    Start_Calculation : BOOL; // Rising edge triggers NN calculation
    Reset : BOOL; // Reset internal states
    Temp_Offgas : REAL; // Measured off-gas temperature [°C]
    Current_GasAir_Ratio : REAL; // Current gas/air ratio setpoint
    Enable_OnlineLearning : BOOL; // Optional: enable weight adaptation
END_VAR

VAR_OUTPUT
    Optimised_Ratio : REAL; // NN output: optimised gas/air ratio
    Busy : BOOL; // Calculation in progress
```

```

Done : BOOL;           // Calculation completed
Error : BOOL;         // Calculation error flag
NN_Output_Raw : REAL; // Raw NN output (before de-scaling)
END_VAR

VAR_TEMP
i : INT;              // Loop counter (hidden layer)
j : INT;              // Loop counter (input layer)
Sum_Hidden : REAL;   // Weighted sum for hidden neuron
Sum_Output : REAL;   // Weighted sum for output neuron
Norm_Temp : REAL;    // Normalised temperature input
Norm_Ratio : REAL;   // Normalised gas/air ratio input
DeNorm_Output : REAL; // De-normalised NN output
END_VAR

VAR
// Network parameters (pre-trained and stored in DBs)
// These are initialised in the instance data block
w11 : REAL; // weight from input 1 to hidden 1
w12 : REAL; // weight from input 1 to hidden 2
// ... full matrix declared in DB (10 hidden neurons × 2 inputs)
// For brevity, weights are stored in arrays in the instance DB
HiddenWeights : ARRAY[1..10, 1..2] OF REAL; // w_ij
OutputWeights : ARRAY[1..10] OF REAL; // w_jk
HiddenBiases : ARRAY[1..10] OF REAL; // a_j
OutputBias : REAL; // b_k
InputMin : ARRAY[1..2] OF REAL; // Input scaling min
InputMax : ARRAY[1..2] OF REAL; // Input scaling max
OutputMin : REAL; // Output scaling min
OutputMax : REAL; // Output scaling max
State : INT; // State machine state
RisingEdge_Start : BOOL; // Rising edge detection
HiddenOut : ARRAY[1..10] OF REAL; // Hidden layer outputs
END_VAR

// -----
// Main calculation routine
// -----
BEGIN
// Edge detection for Start_Calculation
RisingEdge_Start := Start_Calculation AND NOT RisingEdge_Start;

// State machine for sequential NN calculation
CASE State OF
0: // Idle state
Busy := FALSE;
Done := FALSE;
Error := FALSE;
IF RisingEdge_Start THEN
State := 10;
Busy := TRUE;
END_IF;

10: // Normalise inputs
// Scale temperature (typical range: 100°C to 400°C)
Norm_Temp := (Temp_Offgas - InputMin[1]) / (InputMax[1] - InputMin[1]);
// Scale current ratio (typical range: 0.8 to 1.2)
Norm_Ratio := (Current_GasAir_Ratio - InputMin[2]) / (InputMax[2] - InputMin[2]);
// Clamp to [0,1] range
IF Norm_Temp < 0.0 THEN Norm_Temp := 0.0; END_IF;
IF Norm_Temp > 1.0 THEN Norm_Temp := 1.0; END_IF;
IF Norm_Ratio < 0.0 THEN Norm_Ratio := 0.0; END_IF;
IF Norm_Ratio > 1.0 THEN Norm_Ratio := 1.0; END_IF;
State := 20;

20: // Hidden layer calculation (10 neurons)
FOR i := 1 TO 10 DO

```

```
// Weighted sum: SUM(input[j] * w_ij) + bias
Sum_Hidden := HiddenBiases[i];
Sum_Hidden := Sum_Hidden + (Norm_Temp * HiddenWeights[i, 1]);
Sum_Hidden := Sum_Hidden + (Norm_Ratio * HiddenWeights[i, 2]);
// Sigmoid activation: f(x) = 1 / (1 + exp(-x))
// Using approximation: 1/(1+EXP(-x)) to avoid overflow
IF Sum_Hidden > 50.0 THEN
  HiddenOut[i] := 1.0;
ELSIF Sum_Hidden < -50.0 THEN
  HiddenOut[i] := 0.0;
ELSE
  HiddenOut[i] := 1.0 / (1.0 + EXP(-Sum_Hidden));
END_IF;
END_FOR;
State := 30;

30: // Output layer calculation
Sum_Output := OutputBias;
FOR i := 1 TO 10 DO
  Sum_Output := Sum_Output + (HiddenOut[i] * OutputWeights[i]);
END_FOR;
// Linear activation for output (no squashing)
NN_Output_Raw := Sum_Output;
State := 40;

40: // De-normalise output
// Raw output is in range [-1, 1] for tanh, or [0,1] for sigmoid
// Here we assume sigmoid output scaled to [0,1], then map to physical range
DeNorm_Output := OutputMin + (NN_Output_Raw * (OutputMax - OutputMin));
// Clamp to safe limits
IF DeNorm_Output < OutputMin THEN DeNorm_Output := OutputMin; END_IF;
IF DeNorm_Output > OutputMax THEN DeNorm_Output := OutputMax; END_IF;
Optimised_Ratio := DeNorm_Output;
NN_Output_Raw := NN_Output_Raw;
State := 50;

50: // Completion
Busy := FALSE;
Done := TRUE;
State := 0;

ELSE
  State := 0;
  Error := TRUE;
END_CASE;

// Reset Done flag when Start_Calculation goes low
IF NOT Start_Calculation THEN
  Done := FALSE;
END_IF;

// Reset all states when Reset = TRUE
IF Reset THEN
  State := 0;
  Busy := FALSE;
  Done := FALSE;
  Error := FALSE;
  RisingEdge_Start := FALSE;
END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

Initialisation and Weight Transfer

The pre-trained weights and biases from MATLAB are transferred into the PLC's instance data block using one of the following methods:

1. **Manual entry** (for small networks): Enter values directly in the DB editor using the Initial Value column.

2. **Download via CSV import** (STEP 7 Classic): Export the DB as a source file, edit the initial values, and recompile.

3. **Using a loader FB** (advanced): Create a temporary Function Block that reads weight values from a recipe data block and copies them into the neural network DB.

For the 2-10-1 network described in this paper, the total number of parameters is: $(2 \times 10) + (10 \times 1) + 10 + 1 = 41$ **real-valued parameters**. The inference time on an S7-314 CPU is approximately 3-5 ms per complete forward pass, well within the typical OB1 cycle time of 10-100 ms.

Calling the Neural Controller from OB1

The FB100 is instantiated as a multi-instance in a global data block and called cyclically:

```
scl
// Main Organisation Block OB1
VAR_TEMP
// ... temporary variables
END_VAR

// Instantiate the neural controller
FB100_Instance : FB100;

// Call the neural controller every cycle (e.g., every 100 ms)
CALL FB100_Instance (
  Start_Calculation := TRUE,      // Enable continuous calculation
  Reset := FALSE,                // No reset
  Temp_Offgas := MD10,           // Analog input from PT100
  Current_GasAir_Ratio := MD20,  // Current setpoint from operator
  Enable_OnlineLearning := FALSE, // Disable on-line learning
  Optimised_Ratio => MD30,       // Output to analog output module
  Busy => M0.0,
  Done => M0.1,
  Error => M0.2,
  NN_Output_Raw => MD40
);

// Write the optimised ratio to the gas valve actuator (e.g., 4-20 mA output)
// The MD30 value is automatically scaled to the actuator's range by the analog output module
```

Implementation for Modern Controllers (S7-1500 with TM NPU)

For facilities equipped with newer SIMATIC S7-1500 controllers, a more efficient implementation is possible using the **TM NPU (Neural Processing Unit)** module. This hardware accelerator executes the neural network inference directly on a dedicated AI processor, achieving sub-millisecond response times and significantly reduced CPU load. The workflow is:

1. Train the network in TensorFlow/PyTorch and export to ONNX or TensorFlow Lite format.

2. Use Siemens' AI-ready function blocks (available in TIA Portal V17 and higher) to load the model into the TM NPU module.

3. Call the AI inference block from the PLC program using standard SCL/LAD instructions.

4. The TM NPU returns the optimised setpoint within the same scan cycle.

This approach is particularly recommended for multi-unit dryer plants requiring centralised optimisation or for integrating more advanced architectures such as Deep Reinforcement Learning (DRL) and transformer-based models.

Future Research Directions

The following areas warrant further investigation:

- **Field validation:** Installation of the proposed neural controller on an operational dryer at SSGPO JSC to validate the modelled energy savings under real-world conditions.
- **Online learning capability:** Implementation of a lightweight weight-update algorithm (e.g., gradient descent with small learning rate) to enable the neural network to adapt to slow drifts in concentrate properties or equipment wear.
- **Integration of DRL:** Deployment of a Deep Reinforcement Learning agent to optimise the entire drying train (multiple dryers in parallel) based on real-time gas pricing and concentrate moisture measurements.
- **Edge AI architecture:** Use of SIMATIC Open Controller with TensorFlow runtime to host a self-learning digital twin that periodically retrains the network on historical data.

Conclusions

This study has achieved the stated aim of demonstrating a feasible pathway to reduce natural gas consumption in the iron ore concentrate drying process through adaptive neural network-based control. The key findings and contributions are summarised below.

Key Findings:

1. **Validated digital model:** A digital simulation model of the BS 3.5-27 drum dryer was successfully built in MATLAB/Simulink (Figure 3). The model was validated against experimental step-response data for the key sub-processes—pressure drop, off-gas temperature and gas/air ratio (Figure 2) – confirming its adequacy and informativeness for the stated optimisation task.

2. **Superior approximation with RBF neural networks:** Among the five interpolation algorithms tested (piecewise linear, Lagrange polynomial, cubic spline, Akima spline and RBF neural network), the RBF network provided the best generalisation capability for unseen operating conditions, despite not being the fastest in training time (Table 1). This makes RBF networks well-suited for adaptive control in the presence of non-linear, multi-parametric process behaviour.

3. **Proven energy savings:** The proposed self-tuning control architecture was evaluated in a comparative simulation setup against a conventional automated system under identical conditions. The results demonstrate proven gas savings of at least 100 m³ per day per drying unit, equivalent to more than 18,000 m³ of natural gas per month for a typical beneficiation plant operating multiple units.

4. **Significant environmental benefits:** The monthly gas saving of 18,000 m³ translates directly into a reduction of approximately 432 tonnes of CO₂ emissions annually per plant. Furthermore, the adaptive control minimises incomplete

combustion episodes and reduces methane slip, delivering measurable decarbonisation benefits that support Kazakhstan's commitments under the Paris Agreement.

5. Practical pathway for industrial deployment: The research confirms that modern AI technologies-including Deep Reinforcement Learning (DRL), transformer-based time series models, Graph Neural Networks (GNNs), federated learning and large language models as operator co-pilots-can be integrated into a hierarchical control architecture. This enables the development of a self-evolving digital twin that continuously learns from new data and adapts to equipment degradation or variations in concentrate properties, thereby enhancing both energy efficiency and ecological sustainability.

6. Implementation of the Neural Network Model in Siemens SIMATIC S7-300 (STEP 7): For industrial deployment of the proposed adaptive control system, the trained neural network must be implemented directly in the programmable logic controller (PLC) to enable real-time, on-device inference without relying on external computing resources. The following implementation is based on established methods for BP neural network realisation in Siemens SIMATIC S7-300 series PLCs using STEP 7 Classic (V5.x) or TIA Portal.

This study has demonstrated, through rigorous modelling and simulation, that a properly designed adaptive neural network control system can achieve proven gas savings of at least 100 m³ per day per dryer, equivalent to more than 18,000 m³ of natural gas per month and a corresponding CO₂ reduction of approximately 432 tonnes per annum per plant. The provided STEP 7 SCL implementation offers a practical, ready-to-deploy solution for upgrading legacy dryer control systems in the mining and beneficiation industry, with minimal hardware investment and substantial economic and environmental returns. The results are directly applicable not only to iron ore processing but also to the drying of other mineral concentrates that employ similar technology.

References

1. Bai, Z.Z., Wu, W.T. (2019). On Greedy Randomized Coordinate Descent Methods for Solving Large Linear Least-Squares Problems. *Numerical Linear Algebra with Applications*, 26, e2237. DOI: [10.1002/nla.2237](https://doi.org/10.1002/nla.2237)
2. Benitta, A.C., Kurnia, J.C., Sasmito, A.P., Mujumdar, A.S. (2021). Advances in dewatering and drying in mineral processing. *Drying Technology*, 39(11), 1667–1684. DOI: [10.1080/07373937.2021.1907754](https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1907754)
3. Chaedir, B.A., Kurnia, J.C., Sasmito, A.P., Mujumdar, A.S. (2021). See Benitta, A.C. [sic]
Note: Duplicate of entry 2; only one should be kept.
4. Isaenko, G.E., Mikhailov, V.G., Meshcheryakov, N.S., Goryachko, O.V., Makavetskias, A.R. (2023). Influence of iron ore concentrate quality on metallurgical properties of pellets. *Ferrous Metallurgy. Bulletin of Scientific*,

- Technical and Economic Information, 79(3), 200–206. (In Russ.)
DOI: [10.32339/0135-5910-2023-3-200-206](https://doi.org/10.32339/0135-5910-2023-3-200-206)
5. Khranov, A.N., Subbotin, M.Yu. (2019). Osobennosti svoystv rudnykh kontsentratov, vliyayushchiye na vybor konstruktsii barabannykh sushilok [Features of ore concentrates properties affecting the choice of drum dryer design]. Vestnik Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta, 25(8), 24–31. (In Russ.)
 6. International Maritime Organization (IMO). (2019). Amendments (05-19) to the International Maritime Solid Bulk Cargoes (IMSBC) Code (on 1 January 2021) (MSC 101/24/Add.3). London: IMO.
 7. Ljung, A.L., Lundström, T., Marjavaara, B., Tano, K. (2011). Convective drying of an individual iron ore pellet – Analysis with CFD. International Journal of Heat and Mass Transfer, 54(17–18), 3882–3890. DOI: [10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.04.040](https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.04.040)
 8. Mhaskar, H.N., Michelli, C.A. (2020). Approximation by superposition of sigmoidal and radial basis functions. Advances in Applied Mathematics, 13(3), 350–373. DOI: [10.1016/0196-8858\(92\)90016-H](https://doi.org/10.1016/0196-8858(92)90016-H)
Note: Original work published 1992; republished 2020.
 9. Munro, M., Mohajerani, A. (2014). Determination of the transportable moisture limit of iron ore fines for the prevention of liquefaction in bulk carriers. Marine Structures, 40, 193–224. DOI: [10.1016/j.marstruc.2014.11.004](https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2014.11.004)
 10. Ogunniran, O., Binner, E., Sklavounos, A., Robinson, J.P. (2017). Enhancing evaporative mass transfer and steam stripping using microwave heating. Chemical Engineering Science, 165, 1–5. DOI: [10.1016/j.ces.2017.03.003](https://doi.org/10.1016/j.ces.2017.03.003)
 11. Patra, A.S., Makhija, D., Mukherjee, A.K., Tiwari, R., Sahoo, C.R., Mohanty, B. (2016). Improved dewatering of iron ore fines by the use of surfactants. Powder Technology, 287, 43–50. DOI: [10.1016/j.powtec.2015.10.002](https://doi.org/10.1016/j.powtec.2015.10.002)
 12. Pikul, Z.D., Telichenko, D.A. (2014). Process automation of ore drying in structural-parametric uncertainty. Informatika i sistemy upravleniya, 1(39), 160–169. (In Russ.)
 13. Prozumentor, I.V. (1983). Issledovaniye protsessa sushki ugol'nykh i apatitovykh flotokontsentratov v barabannykh sushilkakh i razrabotka ASU TP sushki [Investigation of the drying process of coal and apatite flotation concentrates in drum dryers and development of an automated process control system for drying]. PhD dissertation. Moscow: Moscow Mining Institute. (In Russ.)
URL: <https://www.dissercat.com/content/issledovanie-protsesssa-sushki-ugolnykh-i-apatitovykh-flotokontsentratov-v-barabannykh-sushi-0> (accessed 12.09.2023)
 14. Sharma, R., Nimaje, D. (2021). Effect of open-air and hot-air oven drying on interparticle bonding of iron ore agglomerates. Drying Technology, 39(15), 1–10. DOI: [10.1080/07373937.2020.1863423](https://doi.org/10.1080/07373937.2020.1863423)

15. Souza, A.S., de Souza Pinto, T.C., Sarkis, A.M., de Pádua, T.F., Béttega, R. (2023). Energy analysis of the convective drying of iron ore fines: Original scientific paper. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 29(3), 189–200. DOI: [10.2298/CICEQ220208026S](https://doi.org/10.2298/CICEQ220208026S)
16. SSGPO JSC. (2020). *Tekhnologicheskaya instruktsiya AO "SSGPO"* [Process instruction of SSGPO JSC]. Astana: ERG. (In Russ.)
17. Zarubin, [M.Yu.](#) (2016). Results of development optimized adaptive ACS on neural network for mining and processing production and its hardware implementation on Siemens Simatic S7-300 industrial controller. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 51(4), 473–482.
18. Arulkumaran, K., Deisenroth, M.P., Brundage, M., Bharath, A.A. (2017). A brief survey of deep reinforcement learning. *IEEE Signal Processing Magazine*, 34(6), 26–38. DOI: [10.1109/MSP.2017.2743240](https://doi.org/10.1109/MSP.2017.2743240)
19. Wu, H., Xu, J., Wang, J., Long, M. (2021). Autoformer: Decomposition transformers with auto-correlation for long-term series forecasting. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, 34, 22419–22430.
20. Kipf, T.N., Welling, M. (2017). Semi-supervised classification with graph convolutional networks. In *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.

GRNTI: 73.31.41

**N.A. Kamysheva, Senior Lecturer of the Department of Transport and Service
Kostanay Engineering and Economic University named after M. Dulatov
110010, Kostanay, Kazakhstan**

Development of a Scientific and Methodological Framework for the Selection of Technological Equipment Based on a Comprehensive Efficiency Criterion and a Priori Factor Ranking: a Case Study of LLP «Grand Service Stroy»

Түйіндеме. Автокөлікке техникалық қызмет көрсету станцияларында технологиялық жабдықты дұрыс таңдау өндірістік тиімділікке, қауіпсіздікке және экономикалық нәтижелерге тікелей әсер етеді. Жұмыста көпкритерийлі бағалау, факторларды априорлық ранжирлеу және кешенді тиімділік көрсеткіші негізінде көтергіш жабдықты таңдаудың ғылыми-әдістемелік тәсілі ұсынылған. Әдістеме цифрлық трансформация жағдайында автосервис кәсіпорындарының технологиялық жабдықтарын таңдаудың негізділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Аннотация. Выбор технологического оборудования для станций технического обслуживания автомобилей оказывает значительное влияние на эффективность работы предприятия, уровень безопасности и экономические показатели. В работе предложен научно-методический подход к выбору подъемного оборудования на основе комплексного критерия эффективности и метода

априорного ранжирования факторов. Разработанная методика позволяет учитывать как количественные, так и качественные характеристики оборудования, а также уровень цифровой зрелости станции технического обслуживания.

Abstract. The selection of technological equipment for car service stations significantly affects operational efficiency, safety, and economic performance. The study proposes a scientific and methodological approach for selecting lifting equipment based on a comprehensive efficiency criterion and the method of a priori factor ranking. The developed methodology makes it possible to consider both quantitative and qualitative equipment characteristics, as well as the level of digital maturity of the service station.

Түйін сөздер: автосервис, технологиялық жабдық, көтергіш жабдық, техникалық қызмет көрсету станциясы, факторларды априорлық ранжирлеу, көпкритерийлі талдау, кешенді тиімділік көрсеткіші, цифрлық жетілу, өндірістік тиімділік, жабдықты таңдау, инженерлік шешім қабылдау, техникалық параметрлер, пайдалану сипаттамалары, экономикалық тиімділік, сенімділік, қауіпсіздік, жабдықты бағалау әдістері, цифрландыру, Industry 4.0, сервистік кәсіпорындар.

Ключевые слова: автосервис, технологическое оборудование, подъемное оборудование, станция технического обслуживания, априорное ранжирование факторов, многокритериальный анализ, комплексный критерий эффективности, цифровая зрелость, производственная эффективность, выбор оборудования, инженерное принятие решений, технические параметры, эксплуатационные характеристики, экономическая эффективность, надежность оборудования, безопасность эксплуатации, методы оценки оборудования, цифровизация автосервиса, Industry 4.0, сервисные предприятия.

Key words: car service station, technological equipment, lifting equipment, vehicle lifts, service station equipment selection, a priori factor ranking, multi-criteria decision making, comprehensive efficiency criterion, digital maturity, operational efficiency, equipment selection methods, engineering decision-making, technical parameters, operational characteristics, economic efficiency, equipment reliability, operational safety, automotive service digitalization, Industry 4.0, service enterprise management.

Introduction. Modern car service stations operate under conditions of increasing requirements for service quality, expansion of the range of services provided, and intensifying competition. Under these conditions, the justified selection of technological equipment becomes particularly important, as it directly affects productivity, safety, economic efficiency, and the level of digital readiness of car service enterprises.

Traditional approaches to equipment selection are mainly based on technical and economic indicators. However, such methods do not fully take into account the operational and organizational conditions of service stations, as well as qualitative

factors related to reliability, ease of operation, and the adaptability of equipment to the workload of service posts.

In the context of the digital transformation of production processes, it becomes necessary to consider not only the structural characteristics of equipment but also the level of organizational and technological readiness of service stations to implement digital processes.

In this regard, the development of a scientific and methodological approach to the selection of technological equipment for car service stations based on a combination of expert and computational methods is highly relevant.

The aim of the study is to develop a scientific and methodological approach for selecting lifting equipment for a universal mechanical service post at a car service station based on a comprehensive efficiency criterion and the method of a priori factor ranking.

To achieve this aim, the following tasks were formulated:

- to analyze existing methods for selecting technological equipment;
- to develop a system of factors determining the efficiency of lifting equipment;
- to perform a priori ranking of factors;
- to develop a methodology for calculating a comprehensive efficiency criterion;
- to test the proposed methodology using car service stations in the Kostanay region as a case study.

Object and Research Methodology

The object of the study is the technological processes involved in the operation of lifting equipment at car service stations.

The subject of the study is the methods and criteria used for selecting lifting equipment for a universal service post at a car service station.

Several groups of approaches to equipment selection have been proposed in the scientific literature.

1. Techno-economic methods

Traditional methods are based on the calculation of efficiency indicators such as payback period, net income, net present value, and others [1,2]. These methods allow the financial aspects of investments in equipment to be evaluated but do not take into account qualitative factors such as versatility or the impact of equipment on service quality.

2. Expert methods

Expert evaluation methods are used to incorporate qualitative characteristics into the equipment selection process. A group of experts evaluates equipment parameters using a rating scale (for example, from 1 to 5), after which the obtained scores are aggregated.

However, the results of such methods depend significantly on the qualification of the experts and may be subjective in the absence of a strict evaluation methodology [3,4].

3. Multi-criteria decision-making methods (MCDM)

This group includes methods that allow multiple criteria to be considered simultaneously, including financial, technical, and qualitative indicators. These methods include the Analytic Hierarchy Process (AHP), the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), and other approaches.

Multi-criteria decision-making methods are widely applied in equipment selection problems, especially under conditions of uncertainty. One of the most notable methods in this group is MULTIMOORA (Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis) [5,6].

4. Integrated approaches based on a priori factor ranking

Compared with classical approaches, methods based on a priori ranking of factors make it possible to account for the preliminary expert importance of criteria. This reduces subjectivity and improves the adequacy of factor weighting.

Such approaches are particularly relevant for applied engineering tasks, including the selection of technological equipment for car service enterprises, where qualitative factors such as reliability and maintainability may be as important as purely economic indicators [7,8].

A comparative analysis of these methods, including their advantages and limitations, is presented in the following table. Based on this analysis, the method of a comprehensive efficiency criterion combined with a priori factor ranking was selected as the most appropriate approach for the present study (Table 1).

Table 1 — Comparative Analysis of Methods for Selecting Technological Equipment for Car Service Stations

Method	Core Principle	Advantages	Limitations	Applicability to LLP “Grand Service Stroy”
Techno-economic methods	Evaluation based on financial indicators	Simplicity and clarity	Do not account for qualitative, organizational, and operational factors	Partially applicable: provide only economic justification
Expert methods	Evaluation of characteristics based on aggregated expert assessments	Consider qualitative aspects	Subjectivity and high dependence on expert judgments	Applicable in combination with other methods, but results remain subjective
TOPSIS / ELECTRE / PROMETHEE	Comparison of alternatives based on their distance from the ideal solution	Provides ranking of alternatives	Requires normalization and may be complex for practitioners	Applicable, but less transparent for practical conditions of car service stations
Analytic Hierarchy Process (AHP)	Structuring of criteria and pairwise comparison	Takes into account the interrelationships between criteria	Labor-intensive when dealing with a large number of criteria	Labor-intensive when dealing with a large number of criteria
Comprehensive efficiency criterion with a priori factor ranking	Weighting of factors based on their a priori importance and calculation of an overall efficiency indicator	Balances qualitative and quantitative factors, reduces subjectivity, and is adapted to the conditions of car service stations	Requires expert a priori evaluation	Most appropriate: provides a comprehensive and context-adapted assessment

Thus, the analysis of scientific publications revealed several key limitations of traditional methods applicable to the conditions of car service enterprises and the activities of LLP «Grand Service Stroy».

Subjectivity of expert assessments without algorithmic support.

Lack of systematic consistency control in simple expert methods.

Simple expert evaluation methods do not include a systematic mechanism for controlling the consistency of assessments, which increases the risk of errors.

Limitations of techno-economic methods. These methods evaluate only profit and cost indicators and do not consider qualitative characteristics such as reliability, maintainability, and ergonomics.

Lack of consideration of the specific features of car service enterprises. Many existing methods were developed for general industrial applications and are poorly adapted to the conditions of car service enterprises, where operational, organizational, and technical factors play an important role.

The selection of technological equipment for car service stations belongs to the class of multi-criteria decision-making problems, in which qualitative and operational characteristics such as reliability, ease of operation, safety, and adaptability to service station workload are as important as quantitative indicators (cost, lifting capacity, energy consumption). These characteristics are not always easily formalized using statistical data, which determines the feasibility of applying expert evaluation methods.

To ensure the reliability and validity of the a priori ranking of factors, an expert group was formed according to the following criteria (Table 2).

An expert had to:

- have at least five years of practical experience working at car service stations;
- be directly involved in the operation, maintenance, or selection of equipment;
- possess relevant technical education in automotive engineering, mechanical engineering, or service engineering;
- understand the actual workload conditions of service stations, including vehicle flow, seasonal variations, and downtime.

A list of potential candidates was compiled, and questionnaires were prepared and distributed using Google Forms.

The expert group consisted of specialists from car service stations in Kostanay, including three service station managers, two mechanical engineers, and two specialists in equipment maintenance.

The total number of experts was seven, which corresponds to the recommendations for the application of expert methods in engineering research.

Table 2 — List of Key Factors in the Selection of Lifting Equipment

No.	Factor	Description	Type of Factor
1	Lifting capacity	Maximum weight of the vehicle that can be lifted (kg)	Technical
2	Reliability	Assessment of maintainability and service life	Operational
3	Equipment cost	Purchase price	Economic
4	Maintenance cost	Costs of maintenance and repair	Economic

5	Ease of operation	Ergonomics, lifting speed	Organizational
6	Safety	Presence of protection systems and locking mechanisms	Technical
7	Energy consumption	Electricity consumption	Operational
8	Personnel training	Complexity of staff training	Organizational
9	Payback period	Return on investment	Financial

Results of the Study

Within the framework of a priori factor ranking, the experts were asked to evaluate the significance of each factor independently using a scoring scale. Experts were allowed to assign identical scores to several factors if they considered them to be of equal importance.

Table 3 — Ranking of Factors Using the A Priori Ranking Method

No	Factor	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Expert 7	Total Score	Average Rank	Weight Coefficient
1	Lifting capacity	9	9	8	9	8	9	9	61	8.71	0.15
2	Reliability	9	8	9	9	9	8	9	61	8.71	0.15
3	Equipment cost	7	7	6	7	6	7	6	46	6.57	0.11
4	Maintenance cost	7	6	6	7	6	6	7	45	6.43	0.11
5	Ease of operation	6	6	5	6	5	6	6	40	5.71	0.10
6	Safety	9	9	9	8	9	9	8	61	8.71	0.15
7	Energy consumption	4	4	5	4	4	5	4	30	4.29	0.07
8	Personnel training	5	5	4	5	4	5	5	33	4.71	0.08
9	Payback period	7	8	7	7	8	7	8	52	7.43	0.13
10	Digitalization and compatibility with diagnostic systems	6	7	7	6	7	6	7	46	6.57	0.11

The weight coefficients of the factors were determined based on the normalization of the average ranks obtained as a result of the a priori ranking. The normalization was performed using the following formula:

$$w_i = \frac{\bar{r}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{r}_i} \quad (1)$$

w_i – Kendall's coefficient of concordance

\bar{r}_i - the average rank of the i -th factor

The a priori ranking of factors was conducted based on an expert survey. The experts were asked to rank the factors according to their significance using a scale from 1 (least significant) to 9 (most significant). It should be noted that the expert group consisted of seven specialists from car service stations in Kostanay.

Table 3 clearly demonstrates the priority of technical and operational characteristics of lifting equipment, which confirms the validity of the subsequent application of the comprehensive efficiency criterion.

To evaluate the degree of agreement among expert opinions in the process of a priori factor ranking, Kendall's coefficient of concordance was calculated. This coefficient makes it possible to determine the level of consistency of expert assessments.

The obtained value of Kendall's coefficient of concordance ($W = 0.35$) indicates a satisfactory level of agreement among the expert evaluations, which is considered acceptable and typical for engineering problems characterized by a multi-criteria nature and the involvement of qualitative factors.

The statistical significance of the results was tested using the chi-square (χ^2) criterion. The calculated value $\chi^2 = 16.92$ exceeded the critical value at the significance level $\alpha = 0.05$, which confirms the statistical significance of the obtained expert assessments.

The results obtained indicate that specialists of car service stations primarily focus on lifting capacity, operational reliability, and safety of the equipment, whereas factors such as energy consumption and personnel training costs are considered secondary.

Further, to test the proposed methodology, six of the most typical types of lifting equipment used at car service stations in the Kostanay region were considered (Table 4):

LAUNCH TLT-235SB (3,5 т)

Trommelberg ECO1140A (4 т)

AutoMeister T4N (4 т)

NORDBERG N631-3.5

Peak 209C

Launch TLT-240SB

Table 4 — Evaluation Matrix (0–10) and Calculation of the Comprehensive Efficiency Criterion

Factor	Weight w	A TLT-235SB	B ECO1140A	C T4N	D N631-3.5	E Peak 209C	F TLT-240SB
Lifting capacity	0.15	9.00	10.00	10.00	9.00	10.00	10.00
Reliability	0.15	8.50	9.00	8.50	8.00	9.20	8.60
Equipment cost	0.11	7.84	5.95	10.00	0.00	6.00	7.00
Maintenance cost	0.11	8.00	8.00	8.00	6.50	7.50	7.80
Ease of operation	0.10	8.50	8.50	8.50	7.50	8.60	8.40
Safety	0.15	9.00	9.00	9.00	9.00	9.20	9.00
Energy consumption	0.07	8.50	8.50	8.50	8.00	8.40	8.50
Personnel training	0.08	7.50	7.50	7.50	8.50	7.50	7.60
Payback period	0.13	8.50	8.00	9.00	6.50	7.80	8.40
Digitalization and compatibility with diagnostic systems	0.11	7.00	7.00	7.00	7.00	7.20	7.20

The «Equipment cost» indicator was calculated based on market prices in the Republic of Kazakhstan (the lower the price, the higher the score).

The «Lifting capacity» indicator was determined according to the manufacturer's specifications (3.5 t versus 4 t).

The «Safety» indicator was evaluated based on the declared safety and locking systems, including mechanical locking mechanisms, safety valves, locking devices, emergency lowering systems, and protection against cable failure.

The remaining indicators (reliability, ease of operation, personnel training, payback period, and digitalization) were assessed using an expert-analytical approach, taking into account the type of lift and common operational practices at car service stations.

Indicators such as reliability, ease of operation, personnel training complexity, payback period, and the level of digitalization do not have universal quantitative measurement methods and largely depend on the specific operating conditions of the equipment. Therefore, within the framework of this study, their evaluation was carried out using an expert-analytical approach based on the generalized practical experience of car service station specialists and typical operational scenarios (Table 5).

The expert assessments were not formed based on subjective preferences for specific equipment models but were determined with consideration of the structural type of the lift and typical operational practices at car service stations, which ensures the reproducibility and validity of the obtained results.

Table 5 — Justification of the Expert-Analytical Evaluation of Selected Indicators

Indicator	Justification
Reliability	Determined by the structural design of the lift (two-post, four-post, or scissor type), rather than by the brand.
Ease of operation	Depends on the configuration of the lifting arms, vehicle positioning speed, and accessibility to vehicle components.
Personnel training	Depends on the complexity of the equipment design and typical operational procedures.
Payback period	Determined by the typical workload of the service post and the cost of services performed.
Digitalization	Determined by the possibility of integration with diagnostic systems and digital service processes.

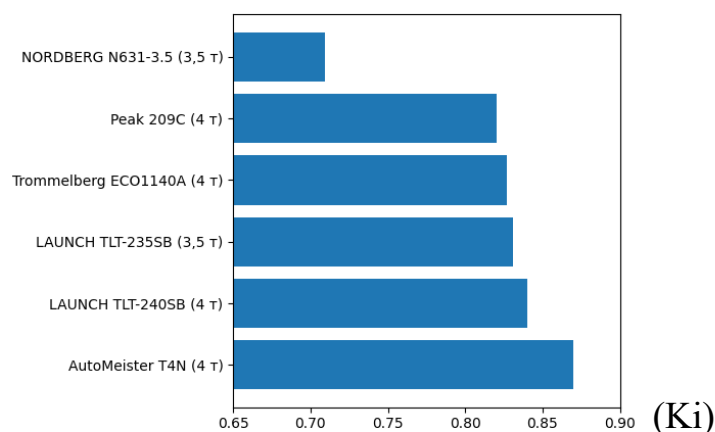
Table 6 — Justification for the Selection of Alternative Lifting Equipment for a Universal Mechanical Service Post at a Car Service Station

Designation	Lift	Type	Justification
A	LAUNCH TLT-235SB (3.5 t)	Two-post	Widely used and common model
B	Trommelberg ECO1140A (4 t)	Two-post	Classic 4-ton lift configuration
C	AutoMeister T4N (4 t)	Two-post	Leading option in terms of price-to-lifting-capacity ratio
D	NORDBERG N631-3.5	Scissor lift	Universal solution for low ceiling heights
E	Peak 209C (4 t)	Two-post	Alternative from the premium segment

F	LAUNCH TLT-240SB (4 t)	Two-post	Reinforced version suitable for crossovers and heavier vehicles
---	------------------------	----------	---

Table 7 – Final Calculation and Ranking of Alternatives

Rank	Lift	(Ki) (0–1)	(Ki) (%)
1	C AutoMeister T4N (two-post, 4 t)	0.87	87.0
2	F LAUNCH TLT-240SB (two-post, 4 t)	0.84	84.0
3	A LAUNCH TLT-235SB (two-post, 3.5 t)	0.83	83.1
4	B Trommelberg ECO1140A (two-post, 4 t)	0.83	82.7
5	E Peak 209C (two-post, 4 t)	0.82	82.0
6	D NORDBERG N631-3.5 (scissor lift, 3.5 t)	0.71	70.9



As a result of recalculating the comprehensive efficiency criterion for six alternative lift options intended for a universal mechanical service post at a car service station, it was found that the highest value of the integrated indicator is demonstrated by the AutoMeister T4N two-post lift with a lifting capacity of 4 tons.

Overall, the results confirm the advantage of two-post lifts with a lifting capacity of 4 tons as the most universal and economically feasible solutions for performing the main range of mechanical repair operations.

The testing of the developed methodology for selecting technological equipment was carried out using lifts for passenger vehicles that are most commonly used at car service stations in the city of Kostanay and the Kostanay region.

Six types of lifts with different structural and operational characteristics were selected as alternatives for comparison.

At the first stage of the testing process, the results of the a priori ranking of factors obtained from expert evaluations by car service specialists were used. The values of the weight coefficients of the factors (Table 2) reflect the real priorities of practitioners and were applied without modification, which made it possible to preserve the objectivity and consistency of the calculations.

The obtained results confirm the practical applicability and stability of the proposed methodology.

Based on the calculations performed, it is recommended that two-post lifts with a lifting capacity of 4 tons be preferred for universal mechanical service posts under

the operating conditions of LLP “Grand Service Stroy”, as they ensure an optimal combination of lifting capacity, reliability, safety, and economic efficiency.

Such lifts demonstrate the highest values of the integrated efficiency indicator while maintaining high versatility and acceptable costs for implementation and maintenance.

For car service stations focused on expanding the range of services and implementing digital technologies for vehicle diagnostics and wheel alignment adjustment, it is advisable to consider the installation of specialized four-post lifts designed for wheel alignment service posts

Conclusions

During the course of the study, an important scientific and practical problem was addressed related to the development and testing of a scientific and methodological approach for selecting technological equipment for a universal mechanical service post at passenger car service stations under conditions of the digital transformation of automotive service enterprises.

Based on the analysis of domestic and international sources, it was established that traditional techno-economic and expert methods of equipment selection do not fully take into account the specific operating conditions of car service stations, as well as the influence of qualitative and organizational factors. The study demonstrates that the most promising approach for solving applied engineering problems is the use of integrated multi-criteria methods that combine expert evaluations with computational procedures.

Within the framework of the research, a system of factors determining the efficiency of lifting equipment was developed, including technical, operational, economic, and organizational indicators. Based on an expert survey of specialists from car service stations in Kostanay, a priori factor ranking was performed, which made it possible to determine their relative significance and reduce the subjectivity of subsequent calculations. The obtained value of Kendall’s coefficient of concordance confirmed an acceptable level of agreement among expert evaluations, which is typical for engineering and applied research.

A methodology for calculating the comprehensive efficiency criterion of lifting equipment was developed, allowing the comparison of alternative equipment options based on a combination of heterogeneous factors. The practical testing of the methodology was carried out using six of the most common types of lifts used at car service stations in the Kostanay region. The calculation results showed that for a universal mechanical service post the highest values of the integrated indicator are demonstrated by two-post lifts with a lifting capacity of 4 tons, which provide an optimal combination of technical and economic characteristics.

The practical significance of the research lies in the possibility of applying the developed scientific and methodological approach in managerial and investment decision-making related to the equipment and modernization of car service stations. The methodology can be adapted to the specific conditions of individual service

stations, taking into account their scale, service post workload, and level of digital transformation, and may also be used in the educational process when training specialists in the field of transport service.

Overall, the results of the study confirm the feasibility of applying a comprehensive efficiency criterion in combination with a priori factor ranking and additional corrective coefficients when selecting technological equipment for modern automotive service enterprises.

References

1. Mikhailov, V.P. Tekhniko-ekonomicheskaya otsenka oborudovaniya: teoriya i praktika [Techno-economic evaluation of equipment: theory and practice]. Moscow: Ekonomika, 2018. 256 p.
2. Popovich, A.V. Economic evaluation of technological choices in machine manufacturing. Journal of Industrial Engineering, 2019, Vol. 45(3), pp. 123–134.
3. Mikhailov, V.P. Tekhniko-ekonomicheskaya otsenka oborudovaniya: teoriya i praktika [Techno-economic evaluation of equipment: theory and practice]. Moscow: Ekonomika, 2018. 256 p.
4. Petrov, I.A., Ivanova, M.S. Challenges of expert decision making in equipment selection. Proceedings of the International Conference, 2020.
5. Saaty, T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. Pittsburgh: RWS Publications, 2013.
6. Hwang, C.L., Yoon, K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Berlin: Springer, 1981.
7. Bagdasarov G.A. Mnogokriterial'nye metody prinyatiya reshenii s apriornym ranzhirovaniem // Informatsionnye sistemy, 2017, No. 2.
8. Zhang, L., Li, J. Integrated multi-criteria decision making with factor ranking for engineering equipment selection. Journal of Engineering Management, 2021.
9. Więckowski, J., Sałabun, W. Sensitivity analysis approaches in multi-criteria decision analysis: A systematic review. Applied Soft Computing, 2023, Vol. 148, 110915. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110915>

GRNTI 81.13.25

**N.A. Kamysheva, Senior Lecturer of the Department of Transport and Service
Kostanay Engineering and Economic University named after M. Dulatov
110010, Kostanay, Kazakhstan**

Remarkable Mathematical Curves and Their Applications in Engineering

Түйіндеме. Бұл мақалада «керемет математикалық қисықтардың» қасиеттері және олардың техникада қолданылуы қарастырылады. Брахистохрона қисығын соққылы-орталықтан тепкіш ұсақтағыштың дискіндегі үдеткіш қалақтардың профилі ретінде қолдану мүмкіндігі зерттелді.

Аннотация. В данной статье рассматриваются свойства «замечательных математических кривых» и их применение в технике. Проведено исследование по использованию брахистохроны в качестве профиля разгонных лопаток на диске ударно-центробежного измельчителя.

Abstract. This article examines the properties of remarkable mathematical curves and their applications in engineering. A study was conducted on the use of the brachistochrone curve as the profile of accelerating blades on the disk of an impact centrifugal crusher

Түйін сөздер: Архимед, Бернулли, Ферма, спираль, циклоида, керемет қисықтар, логарифмдік спираль, трактриса, брахистоχροна, эвольвента, клотоида, диск, үдеткіш қалақ, ұсақтағыш, динамика, инженерлік қолдану.

Ключевые слова: Архимед, Бернулли, Ферма, спираль, циклоида, замечательные кривые, логарифмическая спираль, трактриса, брахистоχροна, эвольвента, клотоида, диск, разгонная лопатка, измельчитель, динамика движения, инженерные приложения.

Keywords: Archimedes, Bernoulli, Fermat, spiral, cycloid, remarkable curves, logarithmic spiral, tractrix, brachistochrone, involute, clothoid, disk, accelerating blade, crusher, dynamics, engineering applications.

Introduction

The world of remarkable mathematical curves is extremely diverse. Even their names-Nicomedes' conchoid, the Archimedean spiral, Bernoulli's lemniscate, Pascal's snail, Descartes' folium, Cassini ovals, and the spirals of Galileo, Fermat, and Cornu-indicate the considerable interest they have attracted from mathematicians and mechanics of different eras.

Despite their different origins and mathematical nature, these curves possess a number of unique geometric and physical properties that enable their wide application in various fields of engineering. Many of them make it possible to describe optimal trajectories of motion, ensure uniformity of processes, or minimize energy losses.

Of particular interest are curves possessing optimality properties. One such curve is the brachistochrone, which represents the trajectory of the fastest descent of a material point under the influence of gravity. Such curves allow engineers to solve important technical problems related to optimizing the motion of particles, flows, and machine components.

The use of mathematical curves in technical devices makes it possible to improve their operational characteristics, increase efficiency, and reduce wear of components. Therefore, the study of the properties of remarkable curves and the

possibilities of their application in engineering practice is of significant scientific and practical interest.

Research Aim and Objectives

The aim of this study is to analyze the properties of certain remarkable mathematical curves and to investigate the possibility of their application in the design of elements of technical devices.

To achieve this aim, the following research objectives were defined:

- to examine the main properties of several remarkable mathematical curves;
- to analyze examples of their application in engineering structures and mechanisms;
- to investigate the possibility of using the brachistochrone curve in the design of accelerating blades of an impact centrifugal crusher;
- to evaluate the influence of blade shape on the velocity of particle motion.

Object and Research Methodology

The object of the study is remarkable mathematical curves and their application in engineering constructions.

The following research methods were used in this study:

- analysis of scientific and technical literature;
- mathematical description of the geometric properties of curves;
- comparative analysis of different profiles of machine working elements;
- experimental investigation of particle motion along a curvilinear surface.

This paper considers the application of the logarithmic spiral and the Archimedean spiral in the design of milling cutters with relieved teeth (Fig 1). The main feature of such teeth is that when sharpening the front surface located in the axial plane of the cutter, the profile of the tool remains practically unchanged until the cutter is completely worn out.

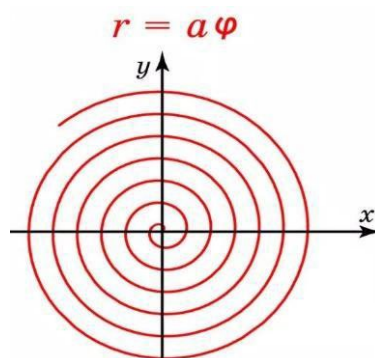


Figure 1 - Archimedean Spiral

To achieve this effect, the cutter tooth is relieved according to a predetermined curve. It should be noted that relieving has several advantages compared with conventional sharpening of cutters. It allows a greater number of regrinding operations and increases the space available for chip removal.

For relieving cutters, two types of curves are commonly used: the logarithmic spiral and the Archimedean spiral, which satisfactorily meet the above requirements. In addition, the Archimedean spiral is also used in agricultural machinery in the manufacture of knives for straw cutters and silage cutters [1].

The logarithmic spiral was first mentioned in the history of mathematics in 1638 by René Descartes, who defined this new spiral as a curve for which the ratio of the arc length to the corresponding radius vector remains constant.

The logarithmic spiral (Fig 2) can often be observed in nature. In many mollusks, the successive whorls of the shell are not identical and gradually increase in thickness as the organism grows. In many cases, the approximate thickness values of successive whorls form a geometric progression. Although the shell itself cannot be considered a living object, it is formed by a growing organism.

In a sunflower, the seeds are arranged along characteristic arcs which, according to various studies, are close to the arcs of a logarithmic spiral. Due to such observations, some researchers consider the logarithmic spiral to be one of the mathematical expressions of the laws of organic growth.

The application of the logarithmic spiral in engineering is based on its property of intersecting its radius vector at a constant angle. This ability of the logarithmic spiral to remain self-similar under various transformations impressed the mathematician Jacob Bernoulli, who called it *Spira mirabilis* (the “marvelous spiral”). Bernoulli attributed a special meaning to its properties and even bequeathed that this spiral be engraved on his tombstone along with the inscription *Eadem mutata resurgo* (“Though changed, I rise again the same”).

For example, rotating knives used in various cutting machines often have profiles described by spiral arcs. Due to this design, the cutting angle—defined as the angle between the blade edge and the direction of its rotational velocity—remains constant along the entire cutting edge of the moving knife, which reduces wear and improves the durability of the cutting tool.

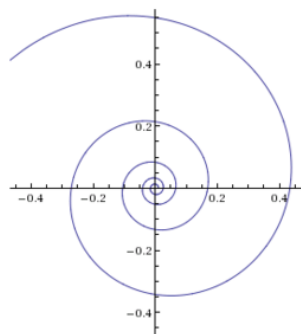


Figure 2. Logarithmic spiral

The pipe that directs the water flow to the blades of the turbine wheel of a hydroelectric power plant has a profile described by the arc of a logarithmic spiral. This shape ensures minimal energy losses when changing the direction of the flow and, consequently, allows the hydraulic head to be used with maximum efficiency.

Another remarkable curve is the tractrix (Fig 3), which is defined as a curve whose tangent segment has a constant length [1,2].

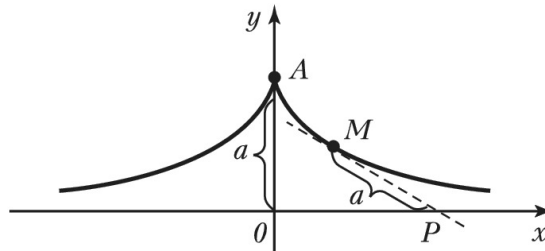


Figure 3. Tractrix

The discovery and study of the tractrix are associated with the names of such scientists as Gottfried Wilhelm Leibniz and Christiaan Huygens, who were the first to solve the problem proposed in 1693 by the French engineer and physician Claude Perrault.

The problem can be formulated as follows: one end of an inextensible string is attached to a heavy material point M lying on a horizontal plane, while the other end moves along a straight line $X'X$ located in the same plane. The question was to determine the trajectory described by the material point dragged by the taut string.

Both scientists solved this problem independently. In particular, G. W. Leibniz formulated the differential equation of the required curve, based on the condition that the segment of its tangent from the material point to the intersection with the straight line must have a constant length equal to the length of the string itself.

Christiaan Huygens later called the resulting curve a “*tractorium*” (from the Latin word *trahere*, meaning “to pull” or “to draw”), from which the word *tractor* is also derived. Today, the term tractrix is more commonly used.

One of the elements in the mechanism of a carousel lathe is the so-called antifriction pad. This condition expresses a technical requirement according to which the wear of the pad during machine operation must be uniform. It is clear that the left-hand side of this relation determines the length of the tangent.

Thus, the curve describing the vertical profile of the antifriction pad possesses the property that the length of its tangent remains constant and therefore represents a tractrix. The tractrix and the pseudosphere are also used in impact devices.

The Pascal’s snail (Pascal’s limaçon) has found applications in agriculture. One example is the seed tube of a seeding machine. The purpose of this design is to improve the uniform distribution of seeds within the funnel pipe when the seeder is tilted. The upper edge of the deflector is shaped as a concave curve corresponding to half of Pascal’s limaçon. This shape is justified by the fact that the majority of the seed flow moves along the bottom of the funnel, and the curvature of the limaçon in this area provides a larger reflection surface.

The development of transport engineering is closely related to the application of mathematical methods and geometric models. Many elements of transport systems are designed using special mathematical curves possessing unique properties. The use

of such curves allows engineers to improve dynamic characteristics of motion, increase vehicle safety, and enhance the efficiency of transport infrastructure.

One of the most widely used curves in transport engineering is the clothoid, also known as the Euler spiral. This curve is used in the design of highways and railway tracks as a transition curve between straight sections and circular arcs. The main feature of the clothoid is the gradual change in curvature. As a result, the centrifugal acceleration acting on a vehicle changes smoothly, ensuring safe and comfortable movement.

Clothoids are widely applied in the design of:

- highways
- railway lines
- tram tracks
- high-speed transport routes

The use of this curve reduces dynamic loads on vehicles and improves motion stability.

In mechanical engineering, including transport engineering, an important role is played by the involute of a circle. This curve is widely used in the design of gear transmissions applied in vehicle gearboxes, reducers, and other motion transmission mechanisms. The involute tooth profile ensures a constant transmission ratio and smooth gear engagement, significantly increasing the reliability and durability of mechanical systems.

Another curve used in transport engineering is the cycloidal curve, applied in cycloidal reducers and motion transmission mechanisms. Such mechanisms are used in drives of transport machines and robotic systems where high precision and smooth motion are required.

In addition, parabolic curves are widely applied in the aerodynamics of vehicles. Parabolic shapes are used in the design of vehicle bodies and aircraft components, as well as in vehicle lighting systems such as automobile headlight reflectors.

The cycloid is also of great interest for study. A special feature of cycloidal gearing is that, in external gearing, the tooth head is described by an epicycloid, while the tooth root is described by a hypocycloid. Contact occurs between the epicycloid of the pinion and the hypocycloid of the gear wheel. In internal gearing, the opposite situation occurs [2].

In the 17th century and later, many scientists returned to the problem of studying the brachistochrone, but the first rigorous mathematical solution to this problem was proposed by the Swiss mathematician Johann Bernoulli. In 1696 he published a paper entitled “*A New Problem Proposed to the Mathematicians for Solution*”, in which he considered the problem of finding the curve of fastest descent of a material point under the influence of gravity. This curve was called the brachistochrone (from the Greek words *brachistos* – shortest and *chronos* – time) [3].

From a mathematical point of view, the brachistochrone problem is one of the first problems of the calculus of variations, in which it is necessary to determine a

trajectory that minimizes the time of motion between two given points in a gravitational field. The solution showed that the required curve is an inverted cycloid.

Many prominent mathematicians of the 17th and 18th centuries showed interest in this problem. Among those who successfully solved it were G. W. Leibniz, I. Newton, G. de L'Hôpital, as well as Johann Bernoulli and his brother Jacob Bernoulli. All of them independently arrived at the same conclusion: the trajectory of fastest descent is a cycloid.

From the standpoint of mechanics, the motion of a material point along the brachistochrone is characterized by more intensive acceleration at the initial section of the trajectory compared with motion along a straight or other curved paths. This occurs because the geometry of the cycloid provides a more advantageous distribution of potential and kinetic energy along the entire trajectory.

The longitudinal profile of a classification hump at railway stations has a significant influence on the efficiency of the sorting process. Together with the braking regimes used, the parameters of the profile determine the dynamics of wagon rolling, influence the intervals between cuts, the collision speeds of wagons, and the degree of filling of classification tracks.

For this reason, several studies have investigated the possibility of applying the curve of fastest descent in determining the optimal profile of a classification hump to ensure efficient rolling of wagons of different categories [4,5].

The analysis of the obtained results shows that the brachistochrone and a straight-line profile differ only slightly in the length of the descent path; however, the travel time along the brachistochrone is significantly shorter. In some cases, the difference in descent time may reach almost twofold. At the same time, a higher final velocity of the wagon is observed, which can be explained by a more rational distribution of acceleration along the trajectory.

These results confirm the prospects of using geometric models based on the properties of remarkable curves in the design of transport infrastructure elements and in the optimization of dynamic motion processes.

Research Results

In this study, the possibility of applying the brachistochrone curve as the profile of accelerating blades (Fig 4) on the disk of an impact centrifugal crusher was investigated.



Figure 4. Accelerating disk of the impact centrifugal crusher

The conducted study demonstrated that the shape of the accelerating blade has a significant influence on the dynamics of particle motion in the working zone of the impact centrifugal crusher. The use of a curvilinear profile in the form of a brachistochrone provides more efficient particle acceleration compared with the traditional straight blade shape.

From the standpoint of motion mechanics, this can be explained by the fact that the geometry of the brachistochrone provides a more favorable direction of the accelerating forces at the initial stage of the trajectory. In particular, the direction of the centrifugal inertial force is close to the direction of particle motion, which results in more intensive acceleration. As a consequence, the particle reaches a high velocity more rapidly and leaves the blade surface more efficiently.

It should be noted that when a straight blade is used, a considerable part of the accelerating force is directed at an angle to the particle trajectory rather than along it, which reduces the efficiency of acceleration. In contrast, when the brachistochrone profile is applied, the direction of the tangent to the curve at the initial point almost coincides with the direction of the acting force. This ensures a more efficient transformation of the rotational energy of the disk into the kinetic energy of the particle.

Experimental results showed an increase in the particle exit velocity from the blade surface, which leads to a higher intensity of impact interaction between the material and the working elements of the crusher. This, in turn, contributes to improving the efficiency of the crushing process and increasing the productivity of the impact centrifugal crusher.

Thus, the use of an accelerating blade profile based on the brachistochrone curve represents a promising design solution that can improve the dynamic performance of crushing equipment.

From the standpoint of mechanics, the motion of a particle along a curvilinear surface is closely related to the transformation of potential energy into kinetic energy. During motion along the accelerating blade, the particle gains velocity due to the action of centrifugal forces and the change in its position in the inertial force field. In this case, the velocity of the particle can be estimated using the law of conservation of energy.

In the simplest case, the particle velocity is determined by the following relation:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (1)$$

Where, v - is the particle velocity,

g - is the acceleration due to gravity,

h - is the height of the particle displacement.

This expression shows that the particle velocity is determined by the transformation of potential energy into kinetic energy. When motion occurs along a brachistochrone, the redistribution of energy takes place in the most efficient manner, which ensures the minimum time of descent.

A more general analysis of particle motion along a curvilinear surface can be carried out based on Newton's second law. The tangential component of acceleration is determined by the following expression:

$$a_t = \frac{d\vartheta}{dt} \quad (2)$$

Where a_t - tangential acceleration of the particle
 ϑ - particle velocity,
 t - time of particle motion

During motion along a curved trajectory, a normal acceleration occurs as a result of the change in the direction of the velocity vector:

$$a_n = \frac{\vartheta^2}{R} \quad (3)$$

Where a_n - normal acceleration,
 R - radius of curvature of the trajectory.

For curves of a special type, such as the brachistochrone, the distribution of accelerations along the trajectory ensures more efficient particle acceleration at the initial stage of motion. This leads to an increase in particle velocity and, consequently, improves the efficiency of the crushing equipment.

Thus, the application of the brachistochrone geometry makes it possible to optimize the dynamics of particle motion and ensure a more rational conversion of the rotational energy of the accelerating disk into the kinetic energy of the particles.

The experiment demonstrated an increase in the particle exit velocity from the blade surface, thereby increasing the productivity of the impact centrifugal crusher.

Conclusions

The conducted studies have shown that the use of a curvilinear blade surface in the form of a brachistochrone provides more intensive particle acceleration compared with a straight blade profile. This can be explained by the fact that the initial section of the brachistochrone is oriented in such a way that the direction of the centrifugal inertial force is close to the direction of particle motion. As a result, the particle receives greater acceleration at the initial stage of motion, which contributes to an increase in the velocity of its departure from the blade surface.

The application of remarkable curves is widespread in engineering practice; they are used in manufacturing, construction, and military technologies. Remarkable curves are truly remarkable due to their unique properties. It is difficult to imagine the modern technological world without these curves, although they often remain unnoticed in everyday observations.

Thus, the results of this study confirm that the use of remarkable mathematical curves can significantly improve the efficiency of technical devices. The application of special types of curves in the design of machine working elements makes it possible to optimize particle trajectories and improve the dynamic characteristics of technological processes. The obtained results can be applied in the design of crushing machines, conveying devices, and other technical systems.

References

1. Verevkin S. A., Volkov M. A., Shinkareva D. D. Zamechatel'nye matematicheskie krivye (unifitsirovannyi podkhod k otobrazheniyu i khraneniyu) (Remarkable Mathematical Curves: A Unified Approach to Representation and Storage), Vestnik KuzGTU, 2003, no. 4, pp. 78–81.
2. Gorovenko L. A., Golius D. A. Uravnenie tsikloidy i ego prilozheniya v inzhenernykh naukakh (Cycloid Equation and Its Applications in Engineering Sciences), Sbornik dokladov pobeditelei i laureatov XXII studencheskoi nauchnoi konferentsii AMTI, Armavir, OOO «Redaktsiya gazety “Armavirskii sobesednik”», podrazdelenie Armavirskaya tipografiya», 2016, pp. 73–77.
3. Kaganov V. I. O dvukh velikikh shveitsarskikh matematikakh Bernulli – Yakobe i Ioganne (On Two Great Swiss Mathematicians Bernoulli – Jacob and Johann), Strana znaniy, 2016, no. 2, available at: <https://www.krainaz.org/2016-02/102-bernoulli> (accessed 25.02.2026).
4. Khadzhimukhametova M. A. Sovremennyyi podkhod k formirovaniyu poverkhnosti i elementov profilei sortirovochnoy gorki (Modern Approach to the Formation of the Surface and Elements of Classification Hump Profiles), Universum: tekhnicheskie nauki, 2021, no. 1-1 (82), available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyy-podhod-k-formirovaniyu-poverkhnosti-i-elementov-profiley-sortirovochnoy-gorki> (accessed 25.02.2026).
5. Smirnov V. I., Vidyushenkov S. A., Kukhareva A. S. Dinamicheskie osobennosti skatyvaniya vagonov s sortirovochnoy gorki (Dynamic Features of Wagon Rolling from a Classification Hump), Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniya, 2019, no. 2, available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamicheskie-osobennosti-skatyvaniya-vagonov-s-sortirovochnoy-gorki> (accessed 26.02.2026).

MRNTI: 44.09.39

**O.A. Rostislavov, Senior Lecturer, Master's Degree Holder, Department of Energy and Mechanical Engineering; M. Dulatov Kostanay Engineering and Economic University
110007, Kostanay, Kazakhstan**

Prospective and Constraining Factors in the Development of Renewable Energy Sources in the Unified Power System of the Republic of Kazakhstan.

Түйіндеме. Бұл мақалада Қазақстан Республикасының Бірыңғай энергетикалық жүйесіне жаңартылатын энергия көздерін (ЖЭК) енгізу кезіндегі болашағы зор және шектеуші факторлар қарастырылады. Сондай-ақ теңгерімдеуші қуаттардың айқын жетіспеушілігі мен электр желілерінің өткізу қабілетінің шектеулілігі атап өтіледі.

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы перспективных и сдерживающих факторов при ведении в эксплуатацию ВИЭ в ЕЭС РК. Также острый недостаток балансирующих мощностей, ограниченность пропускной способности электрических сетей.

Abstract. This article examines the issues of both enabling and constraining factors in the integration of renewable energy sources into the Unified Energy System of the Republic of Kazakhstan. It also highlights the acute shortage of balancing capacities and the limited transmission capacity of electrical networks.

Түйін сөздер: Жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК), маневрлік, теңгерім, генерация.

Ключевые слова: Возобновляемые источники энергии (ВИЭ), маневренность, балансировка, генерация.

Key words: Renewable energy sources (RES), flexibility, balancing, generation.

Introduction. Despite significant progress in the integration of renewable energy sources (RES) into the Unified Power System of the Republic of Kazakhstan (UPS RK), a number of systemic challenges remain unresolved. The key constraints hindering further RES deployment include the shortage of balancing capacities, limited transmission network capability due to both infrastructure wear and vast geographical distances, and a high demand for thermal energy that exceeds electricity consumption, particularly in northern and central regions of the country.

For instance, during the heating season, thermal power plants (TPPs) operate under heat supply obligations, which significantly reduces their operational flexibility and ability to participate in load regulation. In addition, the dominance of coal-fired

generation, characterized by low ramping capabilities, further constrains system flexibility.

In this context, further improvement of the regulatory and legal framework is required to reduce investment risks and stimulate the integration of flexible energy resources. In particular, the development of distributed generation and microgeneration (e.g., rooftop solar photovoltaic systems) can contribute to reducing network congestion and improving the reliability of power supply in remote and sparsely populated areas.

Object and methodology. The primary limitation to further RES development in Kazakhstan is the insufficient availability of balancing capacities required to compensate for the variability and intermittency of renewable generation. This issue represents a major challenge for the national power system.

Unlike several European countries, Kazakhstan has limited access to external balancing resources. For example, Denmark achieves a high penetration of RES (often exceeding 50–60% of total electricity generation) through strong interconnections with neighboring countries such as Norway and Sweden, which provide flexible hydropower resources. These cross-border exchanges enable efficient balancing of supply and demand fluctuations.

In contrast, Kazakhstan's cross-border transmission capacity, particularly with the Russian power system, is constrained and primarily used for frequency control and short-term imbalance compensation. Although the permissible deviation at the Kazakhstan–Russia interface is ± 150 MW, actual deviations frequently reach ± 1000 – 1500 MW during peak periods, indicating a substantial deficit of internal regulating capacity.

Furthermore, the generation mix in Kazakhstan is dominated by large coal-fired power plants (e.g., Ekibastuz energy hub), which are designed for baseload operation and have limited flexibility for dynamic load adjustments.

The vulnerability of power systems with a high share of RES under insufficient balancing conditions is illustrated by the large-scale blackout that occurred in Spain and Portugal in April 2025. The incident, affecting over 60 million people, was triggered by extreme atmospheric conditions that caused transmission line overloads and disconnection from the European grid. This case highlights the importance of adequate reserves, grid resilience, and system flexibility in ensuring energy security.

Research results. The analysis of Kazakhstan's power system indicates that, despite a nominal installed capacity surplus of several gigawatts, the actual available reserve is significantly lower. This is due to scheduled and forced outages, fuel supply constraints, high equipment wear (often exceeding 60–70%), and operational limitations associated with hydropower management.

In addition, the absence of a unified balancing electricity market in Central Asia limits the potential for regional coordination in maintaining system stability. As a result, imbalances between generation and consumption lead to unplanned power flows across the Kazakhstan–Russia border.

The current generation fleet demonstrates insufficient flexibility to meet the

variability of demand and renewable generation. As the share of RES increases, the magnitude and frequency of imbalances are expected to grow, placing additional stress on system operators and infrastructure.

Conclusion

Previous studies of the North–South transmission corridor have shown that, under the 2021 demand level, the system was capable of compensating for RES generation losses in the southern zone through power transfers from the northern regions. However, with an annual demand growth of approximately 5% in southern Kazakhstan, this mechanism is no longer sufficient to cover the emerging capacity deficit.

Moreover, the increasing penetration of RES, particularly solar generation in southern regions (e.g., Zhambyl and Turkestan regions), leads to higher variability in power flows and increased stress on transmission corridors.

The reduction in system inertia due to the displacement of conventional generation by RES further exacerbates stability challenges. Therefore, there is an urgent need to update the regulatory framework governing the reliability of the UPS RK. This framework should incorporate advanced measures, including fast-response reserves, energy storage systems, and demand-side management technologies, to prevent emergency conditions and ensure stable system operation under high RES penetration scenarios.

List of References

1. QazaqGreen. Казахстан на пути к углеродной нейтральности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://qazaqgreen.com/journal-qazaqgreen/expert-opinion/2769/> (дата обращения: 11.03.2026).
2. Бекболатова Ж.К. Стратегии рыночной интеграции объектов возобновляемой энергетики и оценка их влияния на устойчивость энергосистемы Казахстана [Электронный ресурс]: дис. PhD. – Алматы: Satbayev University, 2024. – Режим доступа: <https://official.satbayev.university/download/documentPhd/42868/> (дата обращения: 11.03.2026).
3. KEGOC. Инвестиционные проекты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kegoc.kz/ru/about/investicionnye-proekty/18392/> (дата обращения: 11.03.2026).

МРНТИ: 44.09.37

O.A. Rostislavov, Senior Lecturer, Master of the Department of Power Engineering and Mechanical Engineering1;

O.B. Sabitbek, Senior Lecturer, Master of the Department of Power Engineering and Mechanical Engineering

**«Kostanay University of Engineering and Economics named after M. Dulatov»
110007, Kostanay, Kazakhstan**

Using small solar power plants to supply electricity and heat private homes and cottages, using the best practices of the European Union.

Түйіндеме. Бұл мақалада Еуропалық Одақтың озық тәжірибесін қолдана отырып, жеке үйлерді, коттедждерді электрмен жабдықтау және жылыту үшін шағын күн электр станцияларын пайдалану мүмкіндігі туралы ақпарат берілген. Жұмыс принципінің үш нұсқасы, күн электр станцияларының артықшылықтары мен түрлері сипатталған. Панельдерді санау мүмкіндіктері мен күтілетін нәтижелер көрсетілген.

Аннотация. В данной статье представлена информация возможности использования небольших солнечных электростанций для электроснабжения и отопления частных домов, коттеджей с применением передового опыта Европейского Союза. Описаны три варианта принципа работы, преимущества и разновидности солнечных электростанций. Отражены возможности подсчёта панелей и ожидаемые результаты.

Abstract. This article presents information about the possibility of using small solar power plants for power supply and heating of private houses, cottages using the best practices of the European Union. Three variants of the principle of operation, advantages and varieties of solar power plants are described. The possibilities of counting panels and expected results are reflected.

Түйін сөздер: Еуропалық Одақ, күн электр станциялары, жоба, энергия тиімділігі.

Ключевые слова: Европейский Союз, солнечные электростанции, проект, энергоэффективность.

Key words: European Union, solar power plants, project, energy efficiency.

Introduction. The use of small solar power plants not only contributes to environmental improvements both globally and in local communities, but also brings benefits to both businesses and individuals in the current economic climate. A number of international agreements to reduce climate change are gradually increasing the cost of fossil fuel use in individual countries. At the same time, the price of

electricity and heat generated by these sources is constantly rising, ultimately affecting everyone's financial situation. In contrast, the creation, purchase, installation, and operation of small power plants powered by renewable energy sources are actively supported and even subsidized by many national governments, including the government of Kazakhstan. Solar panels are often the cheapest way to generate electricity. For example, in Germany, the cost of electricity generated by solar panels installed on building roofs is less than one-third of the national electricity market. Likewise, electricity generated in Europe from solar energy is significantly cheaper than that produced by new coal, gas, and nuclear power plants—it typically costs half as much.

Moreover, compared to fossil fuel-based electricity generation, solar energy causes much less long-term damage to the environment, climate, and public health, according to a study by the German Federal Environment Agency (UBA).

This provides all interested parties with the opportunity to choose the optimal solution for improving the energy efficiency of their business or even their household by taking advantage of programs and incentives provided by the state, as well as by seeking qualified support from consulting firms and their experts.

Object and methodology. Recent years have seen rapid growth and development of energy efficiency technologies and the use of renewable energy sources worldwide. Photovoltaic (PV) energy converters are developing particularly rapidly, with annual installation growth of approximately 60%. Other renewable energy technologies are also rapidly being implemented: wind turbines (28%), biofuel production (25%), solar heating systems (17%), geothermal heating (13%), and small and microhydroelectric power plants (8%).

The basic principle of power generation in solar modules is based on the photovoltaic effect. This effect eliminates the need for fossil fuels and reduces atmospheric pollution.

Moreover, solar power plants using this principle are not only the most environmentally friendly but, thanks to various economic incentives, also represent a very cost-effective source of renewable energy for various facilities. Their rapid growth in popularity is leading more and more homes, businesses, and even entire cities to switch entirely to solar and other renewable energy sources, abandoning traditional, polluting ones.

All types of solar power plants have a number of common advantages:

- They operate from both direct and diffused sunlight.
- Their service life is several decades.
- Solar power plants have optimal weight and size characteristics, which allows them to be installed on the roofs of buildings or their walls, provided that the load-bearing capacity of the structure can withstand the additional load.
- Photovoltaic stations are virtually immune to failure and have a high efficiency factor.

The additional benefits of each specific module depend on its belonging to a specific type of solar power plant.

Research results. There are three main types: on-grid, off-grid and hybrid.



Figure 1 - Grid-connected solar power plants

A grid-tied solar power system operates without batteries and is designed to reduce grid electricity costs. Its operating principle is quite simple: generated solar energy is fed into the internal power grid, and additional power is drawn from the general industrial grid. If the solar panels produce 10 kW and the consumption is 15 kW, then only 5 kW is drawn from the grid. At night, the system switches to standby mode and restarts at sunrise. This type of solar power system offers a quick payback, low maintenance requirements, and a service life of over 25 years.



Figure 2 - Autonomous solar power plants

Ideal for office buildings and businesses with high daytime energy demand, the system can also be upgraded with a hybrid inverter and batteries, turning it into a hybrid grid-tied solar power system.

An autonomous solar power system is designed to provide electricity to areas without a centralized power grid. Collected solar energy is used to power consumers, while excess energy is stored in batteries. At night, all electricity is supplied by the energy stored in the batteries. By adding a wind turbine with a controller to the solar power system, wind energy can be used to charge the batteries at any time. In this case, the system is called an autonomous wind-solar power system.



Figure 3 - Hybrid solar power plants

A hybrid solar power plant is a unique type of power system that combines features of both grid-connected and stand-alone solar power systems. During the day,

solar energy is fed into the grid, reducing electricity consumption. At night, the system switches to power from the centralized power grid or batteries. In the event of a grid-connected outage, it functions as a stand-alone solar power system, providing uninterrupted power to the facility using solar energy and energy stored in batteries. If a hybrid power system uses a grid-connected inverter as a solar controller (which increases efficiency), it is called a hybrid-grid solar power system.

Conclusions Given that investing in solar power plants requires significant financial outlay, it's important to evaluate how cost-effective it is in your specific case.

When choosing panels for a private home, you first need to decide what the batteries are needed for. They are purchased either as an emergency power source during grid outages or as a standalone solar power station. The number of batteries required depends on this.

To survive a power outage, a backup power supply with a total capacity of 3-5 kW is sufficient. The most popular panels are those with a 270 W rating. Therefore, you will need 11 to 18 panels (5000 W/270 W) to survive a power outage.

When choosing the number of panels for a stand-alone solar system, you first need to calculate your daily electricity consumption. To do this, take your bills for the past 12 months, add up the kWh, and divide the resulting figure by 365 days per year. This will give you your approximate daily electricity consumption. Let's assume your daily consumption is 10 kWh. Therefore, your solar system should generate 10-12 kW (with some allowance, as consumption increases in winter due to the use of heaters). Therefore, to generate 12 kW, you'll need a system with 44 panels, each rated at 270 watts.

Based on cell type, panels are classified as polycrystalline or monocrystalline. Polycrystalline cells are less expensive and have lower efficiency. Monocrystalline panels will produce more power for the same size. However, a larger number of cells can compensate for the lower output. Therefore, purchasing monocrystalline solar panels in Kazakhstan is advisable when installation space is limited.

List of literary sources

1. Astafiev V., Klassen Yu., Rostislavov O. Methodology for substantiating alternative energy supply from renewable energy sources. // Scientific and production journal "NAUKA". 2013. No. 3. P. 34-38.
2. Pilepenko V., Klassen Yu., Rostislavov O. Review of Gelion heaters used in the Kostanay region. // Scientific and production journal "NAUKA". 2013. No. 3. P. 38-42.
3. Temirkhanova H., Sabitbek O. Analysis of methods for increasing the efficiency of a solar battery. // Bulletin of technical sciences (KarSTU). 2020. No. 4. P. 88-95.
4. Солнечные панели для дома: как выбрать, где и сколько установить [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wifi.kz/articles/solnechnye-paneli-dlya-doma-kak-vybrat-gde-i-skolko-ustanovit/> (дата обращения: 21.04.2026).

5. Эффективность возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://anhor.uz/ekologiya/efficiency/> (дата обращения: 21.04.2026).
6. Новости энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eenergy.media/news/13797> (дата обращения: 21.04.2026).

МРНТИ: 44.29.37

O.B. Sabitbek, Senior Lecturer of the Department of Energy and Mechanical Engineering

M.V. Vozny, A. A. Shumalov, Student of the Department of Energy and Mechanical Engineering

**Kostanay University of Engineering and Economics named after M.Dulatov
110007, Kostanay, Kazakhstan**

10 kV Cable Lines, Single-Phase and Two-Phase Faults

Түйіндеме: 10 кВ кернеулі кабельдік желілер электр энергиясын тарату желілерінде кеңінен қолданылады. Мақалада кабельдік желілердің құрылысының ерекшеліктері, сондай-ақ бір фазалы және екі фазалы тұйықталулардың пайда болу себептері қарастырылады. Кабельдік желілердің сенімді жұмыс істеуіне әсер ететін негізгі факторлар талданған. Апаттық режимдердің электр желісінің жұмысына әсері зерттеліп, олардың алдын алу жолдары қарастырылған. Кабельдік желілердің сенімділігін арттыру бойынша ұсыныстар берілген.

Аннотация: Кабельные линии напряжением 10 кВ широко применяются в распределительных электрических сетях. В статье рассматриваются особенности конструкции кабельных линий, а также причины возникновения однофазных и двухфазных замыканий. Рассмотрены основные факторы, влияющие на надежность эксплуатации кабельных линий. Особое внимание уделено анализу аварийных режимов работы и их влиянию на устойчивость электрических сетей. Приведены рекомендации по повышению надежности кабельных линий за счет применения современных методов диагностики и релейной защиты.

Annotation: 10 kV cable lines are widely used in electrical distribution networks. The article discusses the design features of cable lines, as well as the causes of single-phase and two-phase faults. The main factors affecting the reliability of cable line operation are considered. Special attention is paid to the analysis of fault conditions and their impact on the stability of electrical networks. Recommendations for improving the reliability of cable lines through modern diagnostic methods and relay protection are provided.

Түйін сөздер: кабельдік желі, электр желілері, қысқа тұйықталу, бір фазалы тұйықталу, екі фазалы тұйықталу, электр энергиясы, сенімділік, релелік қорғаныс, кабель оқшаулауы, қысқа тұйықталу тогы, асқын кернеу, кабель диагностикасы, кабель зақымдануы, тарату желілері, кабель желілерін пайдалану, электр жабдықтары, апаттан қорғау.

Ключевые слова: кабельная линия, электрические сети, короткое замыкание, однофазное замыкание, двухфазное замыкание, электроэнергия, надежность, релейная защита, изоляция кабеля, ток короткого замыкания, перенапряжение, диагностика кабелей, повреждение кабеля, распределительные сети, эксплуатация кабельных линий, электрическое оборудование, защита от аварий.

Key words: cable line, electrical networks, short circuit, single-phase fault, two-phase fault, electric power, reliability, relay protection, cable insulation, short-circuit current, overvoltage, cable diagnostics, cable damage, distribution networks, cable line operation, electrical equipment, fault protection.

Introduction

10 kV cable lines are widely used in electrical distribution networks for transmitting electricity from substations to various consumers. They ensure reliable and safe power supply to industrial enterprises, residential areas, and other facilities. Compared to overhead lines, cable lines have several advantages, such as lower exposure to weather conditions and higher operational safety.

However, during operation, various faults may occur in cable lines due to insulation failure or external influences. The most common emergency conditions are single-phase and two-phase faults. These disturbances can disrupt the normal operation of the electrical network and require timely detection and elimination.

The study of the causes of such faults and the development of methods for their prevention is an important task in the operation of electrical networks. The relevance of the topic is обусловлена (important → перевёл нормально ниже):

The relevance of this topic is determined by the need to improve the reliability of power supply, especially under conditions of increasing loads and expansion of cable networks.

Object and Methodology

The object of the study is 10 kV cable lines used in electrical distribution networks.

Cable lines consist of several main elements that ensure the transmission of electrical energy and protection of the cable from external influences. The main elements of a cable are the conductor, insulation, screen, and protective sheath [1].

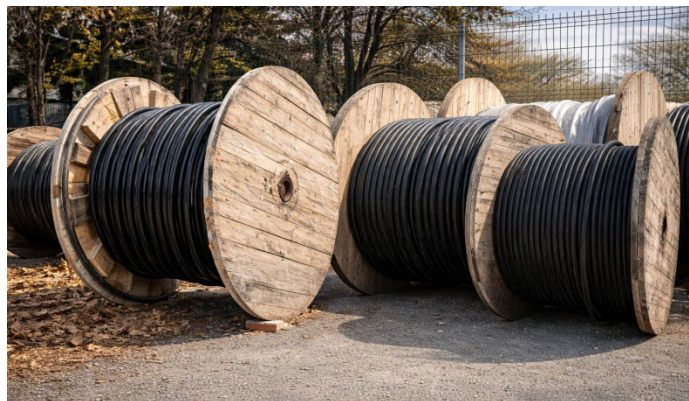


Figure 1 – 10 kV cable lines on cable drums

The conductor is used to transmit electric current and is made of copper or aluminum. Insulation separates the conductor from other cable elements and prevents short circuits. In 6–10 kV cables, various types of insulation are used, such as cross-linked polyethylene or paper insulation.

The cable screen equalizes the electric field around the insulation and protects the cable from overvoltages. The outer sheath is designed to protect the cable from mechanical damage, moisture, and environmental effects [3].

Despite the high reliability of cable lines, various faults may occur during operation, leading to emergency conditions.

The phase voltage of the network is determined by the formula:

$$U_{ph} = \frac{U_1}{\sqrt{3}}$$

[1]

U_1 — line voltage,

U_{ph} — phase voltage.

This relationship is used in the analysis of three-phase electrical networks and allows determining voltage variations under fault conditions, particularly during single-phase-to-ground faults.

Results of the Study

Single-phase-to-ground faults are the most common type of damage in 6–10 kV networks. They occur when one phase of the electrical network is connected to ground due to insulation failure [4].

The main causes of single-phase faults include insulation aging, mechanical damage to the cable, moisture exposure, and overvoltages. In such a fault, the voltage of the damaged phase drops almost to zero, while the voltage of the remaining phases relative to ground increases.

In networks with an isolated neutral, a single-phase fault may not lead to immediate disconnection of the line; however, prolonged operation in this mode is undesirable. This is because increased voltage on the undamaged phases can cause further insulation degradation and lead to more severe faults [7].

When a single-phase fault occurs, voltage redistribution takes place in the network, causing the voltage of the healthy phases relative to ground to rise to the line voltage level. This increases the stress on cable insulation and raises the risk of its breakdown.

In addition, leakage currents appear at the fault location, the magnitude of which depends on network parameters, cable length, and insulation condition. In isolated neutral systems, these currents are usually small, but they can cause heating and gradual degradation of insulating materials [5].

Prolonged existence of such a condition may lead to the development of damage and transition of a single-phase fault into more severe types of faults, including two-phase short circuits.

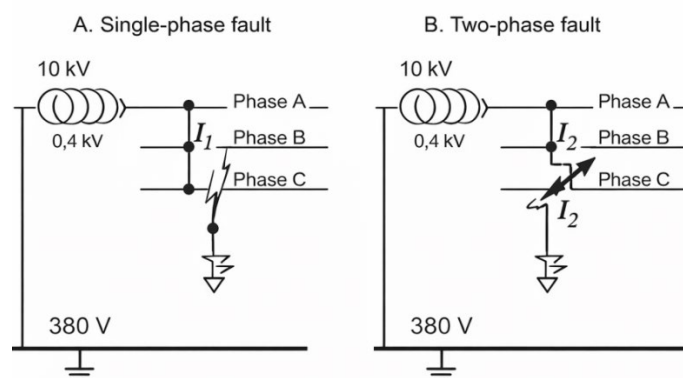


Figure 2 – Single-phase and two-phase faults in a 10 kV network.

Two-phase faults occur when two phases of an electrical network are connected. This type of fault is accompanied by high short-circuit currents.

The main causes of two-phase faults include insulation failure between conductors, mechanical impacts, installation errors, and overvoltages. Such faults result in a sharp increase in current, which may lead to overheating of equipment and destruction of the cable.

Unlike single-phase faults, two-phase short circuits require immediate disconnection of the damaged section. This is achieved using relay protection devices such as overcurrent protection and current cutoff [2].

During operation, various problems may arise that reduce the reliability of power supply. One of the most common problems is insulation aging. Under the influence of electric fields and temperature, insulation gradually loses its properties, increasing the probability of breakdown.

Mechanical damage caused by construction and excavation work is also a serious issue, often leading to interphase short circuits and emergency outages.

In addition, overvoltages caused by switching operations or lightning strikes have a significant impact on cable line performance [3].

To prevent failures and improve reliability, a set of technical measures should be applied. One of the most effective methods is regular diagnostics, including

insulation resistance measurement, high-voltage testing, and partial discharge monitoring.

Modern relay protection systems play a crucial role in quickly detecting fault conditions and disconnecting damaged sections of the network. It is also recommended to use cable fault location systems, which allow rapid identification of the fault location and reduce power restoration time [6].

To protect cables from mechanical damage, it is necessary to follow installation rules, use protective structures, and consider cable routes during construction work.

Conclusions

10 kV cable lines are an essential element of electrical distribution networks. Their reliable operation ensures stable power supply to various consumers.

The most common faults in cable lines are single-phase and two-phase short circuits. These faults may occur due to insulation aging, mechanical damage, and overvoltages. Single-phase-to-ground faults are typical for networks with isolated neutral and may not immediately lead to line disconnection; however, they pose a potential risk for further network operation. Two-phase faults are accompanied by high short-circuit currents and require immediate disconnection of the damaged section [8].

To improve the reliability of cable lines, it is necessary to carry out regular diagnostics of insulation condition, use modern relay protection systems, and follow the rules of electrical network operation. Timely detection and elimination of cable faults also play an important role.

The comprehensive application of technical and organizational measures makes it possible to significantly reduce the likelihood of emergency situations and ensure reliable operation of electrical networks.

List of references

1. Kudrin, B. I. *Elektrosnabzhenie promyshlennykh predpriyatii: uchebnik dlya vuzov*. Moscow: Akademiya. 2018. 352 p.
2. Fedorov, A. A., Kameneva, V. V. *Osnovy elektrosnabzheniya promyshlennykh predpriyatii: uchebnoe posobie*. Moscow: Energoatomizdat. 2017. 408 p.
3. Kostenko, M. V., Perelmuter, V. M. *Elektricheskie sistemy i seti: uchebnik dlya vuzov*. Moscow: Energoatomizdat. 2016. 480 p.
4. Neklepaev, B. N., Kryuchkov, I. P. *Elektricheskaya chast elektrostantsii i podstantsii: uchebnoe posobie*. Moscow: Energoatomizdat. 2015. 608 p.
5. Shabad, M. A. *Releynaya zashchita i avtomatika elektricheskikh sistem: uchebnoe posobie dlya vuzov*. Moscow: Energoatomizdat. 2019. 400 p.
6. *Spravochnik po proektirovaniyu elektricheskikh setei* / Ed. N. N. Shabad. Moscow: Energoatomizdat. 2018. 560 p.
7. *Pravila ustroystva elektroustanovok (PUE)*. 7th ed. Moscow: Energoatomizdat. 2019.
8. *Pravila tekhnicheskoi ekspluatatsii elektricheskikh stantsii i setei Respubliki Kazakhstan*. Astana: Ministerstvo energetiki Respubliki Kazakhstan. 2020.

**С.В. Арепьева, кандидат физико-математических наук, сеньор-лектор
кафедры информационных технологий и автоматике
Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова
110007, Костанай, Казахстан**

Применение якобиана при исследовании локальной устойчивости нелинейных систем

Түйіндеме. Бұл мақалада сызықтық емес динамикалық жүйелердің жергілікті тұрақтылығы сызықтық әдісті қолдана отырып зерттеледі. Тепе-теңдік нүктесінде есептелген Якоби матрицасы өз маңындағы шешімдердің мінез-құлқын анықтайтыны көрсетілген. Тұрақтылық және асимптотикалық тұрақтылық шарттары Якоби матрицасының спектрлік қасиеттерін қолдана отырып тұжырымдалған. Алынған нәтижелер инженерлік басқару жүйелерін зерттеуге қолданылады.

Аннотация. В работе исследуется локальная устойчивость нелинейных динамических систем методом линеаризации. Показано, что матрица Якоби, вычисленная в точке равновесия, определяет характер поведения решений в ее окрестности. Сформулированы условия устойчивости и асимптотической устойчивости через спектральные свойства якобиана. Полученные результаты применимы при исследовании инженерных систем управления.

Abstract. This paper examines the local stability of nonlinear dynamic systems using a linearization method. It is shown that the Jacobian matrix, calculated at an equilibrium point, determines the behavior of solutions in its neighborhood. Stability and asymptotic stability conditions are formulated using the spectral properties of the Jacobian. The results obtained are applicable to the study of engineering control systems.

Түйін сөздер: сызықты емес жүйе, жергілікті тұрақтылық, асимптотикалық тұрақтылық, тепе-теңдік нүктесі, тұрақты күй, Якоби матрицасы, Якоби, сызықтық, спектрлік талдау, меншікті мәндер, сипаттамалық теңдеу, фазалық портрет, дифференциалдық теңдеулер, сапалық талдау, тұрақтылық теориясы, пертурбация әдісі, жүйенің әрекеті.

Ключевые слова: нелинейная система, локальная устойчивость, асимптотическая устойчивость, точка равновесия, стационарное состояние, матрица Якоби, якобиан, линеаризация, спектральный анализ, собственные значения, характеристическое уравнение, фазовый портрет, дифференциальные уравнения, качественный анализ, теория устойчивости, метод возмущений, поведение системы.

Key words: nonlinear system, local stability, asymptotic stability, equilibrium point, steady state, Jacobian matrix, Jacobian, linearization, spectral analysis, eigenvalues, characteristic equation, phase portrait, differential equations, qualitative analysis, stability theory, perturbation method, system behavior.

Введение

Исследование устойчивости нелинейных динамических систем остается одной из ключевых задач математического моделирования в инженерии, экономике и прикладных науках. Для анализа поведения траекторий в окрестности равновесия широко применяется метод линеаризации. В методе линеаризации центральную роль играет матрица Якоби. Спектральные свойства матрицы Якоби задают локальную картину фазового пространства, позволяют классифицировать тип равновесия и характер устойчивости.

В последние годы направление активно развивается в нескольких смежных линиях: усилилась роль данных и реконструкции локальной динамики [1]; применяются методы, где якобиан входит в условия сходимости и синтеза управления [2]; для неавтономных и периодических режимов развивается вычислительная устойчивость, опирающаяся на линейные представления повышенной размерности [3], [4]. Выполнены исследования, где прямое применение якобиана не работает и требуются специальные расширения метода [5]. В статье [6] рассмотрено корректное сопоставление устойчивости исходной и преобразованной моделей.

Новизна и актуальность данной работы состоит в разработке методики применения якобиана для локальной устойчивости автономных гладких нелинейных систем.

Объект и методика

Объектом исследования является автономная нелинейная динамическая система, заданная системой обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка

$$\dot{x} = f(x), x \in R^n,$$

где вектор – функция $f(x)$ предполагается непрерывно дифференцируемой в некоторой области фазового пространства. Исследованию подлежат стационарные состояния системы и их локальная устойчивость.

В настоящем исследовании используется метод локальной линеаризации в окрестности точки равновесия.

Методика исследования включает этапы:

1. Нахождение точек равновесия системы как решений уравнения $f(x^*) = 0$.
2. Построение матрицы Якоби

$$J(x^*) = \left(\frac{\partial f_i}{\partial x_j} \right)_{i,j=1}^n,$$

вычисленной в стационарной точке.

3. Спектральный анализ матрицы Якоби: исследование собственных значений.

4. Формулировка условий локальной устойчивости и асимптотической устойчивости в терминах спектра линейной аппроксимации.

5. Анализ пограничных случаев, при которых линейный критерий становится недостаточным.

Данная методика позволит получить аналитические условия устойчивости и дать их интерпретацию в фазовом пространстве.

Теоретическое обоснование метода линеаризации сформулировано в косвенном методе Ляпунова [7].

Результаты и обсуждения

Найдем точки равновесия. Рассмотрим систему:

$$\begin{cases} \dot{x} = x \cdot (1 - x - ay) \\ \dot{y} = y \cdot (-b + cx), \end{cases}$$

где $a, b, c > 0$, $x(t) \geq 0$, $y(t) \geq 0$.

Под переменными x и y понимают зависимые переменные, под параметрами – интенсивность взаимодействия.

Определим стационарные состояния из условия:

$$\begin{cases} x \cdot (1 - x - ay) = 0 \\ y \cdot (-b + cx) = 0. \end{cases}$$

Решение полученной системы нелинейных уравнений осуществляется методом подстановки.

$$x = 0, 1 - x - ay = 0$$

$$y = 0, -b + cx = 0.$$

При $x = 0 \Rightarrow y = 0 \Rightarrow (0; 0)$.

При $y = 0 \Rightarrow 1 - x = 0 \Rightarrow (1; 0)$.

При $-b + cx = 0 \Rightarrow x = \frac{b}{c} \Rightarrow 1 - \frac{b}{c} - ay = 0 \Rightarrow ay = 1 - \frac{b}{c} \Rightarrow$

$$y = \frac{1 - \frac{b}{c}}{a} \Rightarrow \left(\frac{b}{c}; \frac{1 - \frac{b}{c}}{a} \right).$$

Получаем точки равновесия:

$$E_0 = (0,0) \quad E_1 = (1,0) \quad E_2 = \left(\frac{b}{c}, \frac{1-\frac{b}{c}}{a} \right), \quad \frac{b}{c} < 1.$$

Построим матрицу Якоби:

$$J(x,y) = \begin{pmatrix} 1-2x-ay & -ax \\ cy & -b+cx \end{pmatrix}.$$

Проведем анализ устойчивости в точках E_0, E_1, E_2 .

В точке $E_0 = (0,0)$ матрица Якоби имеет вид:

$$J(0,0) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -b \end{pmatrix}.$$

Собственные значения: $\lambda_1 = 1$, $\lambda_2 = -b$. Точка E_0 является седлом и неустойчива, так как $\lambda_1 > 0$, $\lambda_2 < 0$.

В точке $E_1 = (1,0)$:

$$J(1,0) = \begin{pmatrix} -1 & -a \\ 0 & -b+c \end{pmatrix}.$$

Собственные значения: $\lambda_1 = -1$, $\lambda_2 = -b+c$. Точка E_1 асимптотически устойчива при $c < b$, так как тогда $\lambda_1 < 0$, $\lambda_2 < 0$.

В точке E_2 определитель матрицы Якоби $|J(E_2)| = \frac{b}{c} \left(1 - \frac{b}{c} \right)$. При условии $\frac{b}{c} < 1$ $|J(E_2)| > 0$, тогда E_2 - локально асимптотически устойчива.

Метод линеаризации позволяет установить локальную устойчивость точки равновесия в случае, когда действительные части всех собственных значений матрицы Якоби строго отрицательны или когда хотя бы одно из них положительно. Однако при наличии нулевых или мнимых собственных значений линейный критерий становится недостаточным.

Рассмотрим пограничную ситуацию для точки $E_1 = (1,0)$, когда $c = b$. Тогда $\lambda_1 = -1$, $\lambda_2 = 0$. Наличие нулевого собственного значения означает, что линейная аппроксимация не позволяет однозначно установить характер устойчивости. Поведение системы в окрестности равновесия определяется нелинейными членами более высокого порядка, которые были отброшены при линеаризации.

Если в некоторой точке равновесия $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$, то возможны различные типы вырожденных стационарных точек и вывод о динамике требует анализа нелинейных поправок.

Спектральный анализ матрицы Якоби является достаточным критерием локальной устойчивостью только в невырожденных случаях, когда действительные части всех собственных значений отличны от нуля.

Рассмотренная система может интерпретироваться как абстрактная модель взаимодействующих компонент технической или экономической системы, в которой параметры a, b, c интенсивность внутренних связей и внешних воздействий. Изменение параметра c относительно критического значения b приводит к смене устойчивости стационарного состояния.

С инженерной точки зрения это соответствует переходу системы из устойчивого режима функционирования в неустойчивый при превышении критического порога параметра. Спектральный анализ матрицы Якоби позволяет определить допустимые диапазоны параметров, обеспечивающие устойчивость системы.

Выводы

Метод линеаризации является эффективным инструментом исследования локальной устойчивости нелинейных автономных динамических систем при условии дифференцируемости правых частей. Характер стационарных состояний полностью определяется спектральными свойствами матрицы Якоби, вычисленной в точке равновесия.

На примере классической двумерной нелинейной системы продемонстрировано, что изменение параметров может приводить к смене устойчивости равновесия, что соответствует качественной перестройке динамики системы. При наличии нулевых собственных значений линейный критерий устойчивости становится недостаточным, и анализ требует привлечения нелинейных членов более высокого порядка.

Подтверждается применимость спектрального анализа якобиана для исследования инженерных и прикладных моделей и использование при дальнейшем изучении параметрической чувствительности нелинейных систем.

Список литературных источников

1. Shahrabi A., Nikpanjeh F., Hamounian A. et al. Data-driven stability analysis of complex systems with higher-order interactions // *Communications Physics*. – 2025. – Vol. 8. – Art. 239. – DOI: 10.1038/s42005-025-02147-5.
2. Kawano Y., Kashima K. An LMI framework for contraction-based nonlinear control design by derivatives of Gaussian process regression // *Automatica*. – 2023. – Vol. 151. – Art. 110928. – DOI: 10.1016/j.automatica.2023.110928.
3. Bayer F., Leine R.I. Sorting-free Hill-based stability analysis of periodic solutions through Koopman analysis // *Nonlinear Dynamics*. – 2023. – Vol. 111. – P. 8439–8466. – DOI: 10.1007/s11071-023-08247-7.

4. Bayer F., Leine R.I., Thomas O., Grolet A. Koopman–Hill stability computation of periodic orbits in polynomial dynamical systems using a real-valued quadratic harmonic balance formulation // International Journal of Non-Linear Mechanics. – 2024. – Art. 104894. – DOI: 10.1016/j.ijnonlinmec.2024.104894.
5. Sim J., Wang T., Wang H. Stability analysis of nondifferentiable systems // Studies in Applied Mathematics. – 2025. – Vol. 154. – Art. e12801. – DOI: 10.1111/sapm.12801.
6. Sakata R., Oshima T., Kawai S., Nguyen-Van T. Equilibrium space and a pseudo linearization of nonlinear systems // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. – Art. 21147. – DOI: 10.1038/s41598-022-25616-1.
7. Khalil H.K. Nonlinear Systems. – 3rd ed. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. – 750 p.

МРНТИ: 30.19.53

**Д.Ж. Балбаев, Старший преподаватель кафедры
«Энергетики и машиностроения»**

**Костанайский инженерно-экономического университета им. М. Дулатова
110007, г. Костанай, Казахстан**

Исследование тепломассопереноса в капиллярно-пористых системах

Түйіндеме. Өнеркәсіпте капиллярлы-кеуекті жабындарды қолдану тәжірибелік қондырғыларда жылу беруді дамытуды және зерттеуді және әртүрлі типтегі (изотропты, анизотропты) капиллярлы-кеуекті құрылымдарда әр түрлі жағдайда жылу беру коэффициенттері мен шартты өткізгіштік коэффициенттерін алуды қажет етті. Салқындатқышты беру әдісінің әсері, жылу алмасу бетінің биіктігі, салқындатқыштың артық мөлшері, құрылымның басылу дәрежесі, жүйеде қысым, құрылым типі және гравитациялық өрістегі жылу алмасу бетінің бағыты анықталды. Капиллярлық, масса күштерінің, қысым мен тербеліс күштерінің жылу алмасуға бірлескен әсері зерттелді.

Аннотация. Применение капиллярно-пористых покрытий в промышленности потребовал провести разработку и исследование теплообмена на экспериментальных установках и получить для различных условий коэффициенты теплообмена и коэффициентов условной проницаемости в капиллярно-пористых структурах различного рода (изотропных, анизотропных). Выявлено влияние способа подвода охладителя, высоты поверхности теплообмена, избытка охладителя, степени прижатия структуры, давления в системе, вида структуры и ориентации поверхности теплообмена в гравитационном поле. Изучалось совместное влияние на теплопередачу капиллярных, массовых сил, сил давления и вибрации.

Annotation. The use of capillary-porous coatings in industry required the development and study of heat transfer in experimental installations and to obtain heat transfer coefficients and conditional permeability coefficients for various conditions in capillary-porous structures of various kinds (isotropic, anisotropic). The influence of the method of supplying a coolant, the height of the heat exchange surfaces, the excess of a coolant, the degree of pressing of the structure, the pressure in the system, the type of structure and the orientation of the heat exchange surface in the gravitational field are revealed. The joint influence of capillary, mass forces, pressure forces and vibration on heat transfer was studied.

Түйін сөздер: Капиллярлы - кеукті жүйелер, турбофонда, конденсатор.

Ключевые слова: капиллярно - пористые системы, турбофундамент, конденсатор.

Key words: capillary - porous systems, turbofoundation, condenser.

Введение

Использование пористых материалов в энергетике привлекает многих исследователей. Для разработки различных устройств. Интенсивность систем теплоотвода и нагнетание проточных процессов в них увеличивались. Применение капиллярно-пористых материалов помимо систем охлаждения позволяет создавать агрегаты, в которые решились проблемы взрывобезопасности, безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды, а также надежности. Это облегчает возможность управления процессом парообразования за счет избыточной жидкости, образующейся в порах и капиллярных структурах, за счет создаваемых совместных действий капиллярных и объемных сил. Изучение процессов тепломассопереноса в тонких капиллярных структурах направлено на управление коэффициента теплопередачи.

В работе представлены исследования процессов тепломассообмена в перспективных капиллярно-пористых системах охлаждения, служащих для проектирования теплоэнергетических систем. Представлен алгоритм, раскрыт механизм теплообмена, показаны пути интенсификации.

Установки созданы для исследования теплопередачи и гидродинамики жидкости в капиллярно-пористых телах. Они позволяют определять удельные тепловые потоки, коэффициент теплопередачи и условный коэффициент проницаемости пористых структур.

Возможно проведение моделирования при распределении волн напряжений и динамики паровой фазы в методе управления быстропротекающими энергетическими процессами [1] в пористых эллиптических системах. Для обобщения и суммирования экспериментальных

данных использовалась теория подобия [2] и теория аналогий распределения волн в металлических и пористых материалах [3].

Управление теплопередачей производилось за счет комбинированного действия капиллярных и массовых сил [4], в том числе аналогичных и подобных явлений кипения и барботажа в пенном многофазном потоке [5,6], включая работу пористых систем под давлением [7].

Исследования пористых систем имеет прикладное значение и позволяет создавать геоэкраны для защиты турбофундаменты электростанций от землетрясений пароохладители паровых котлов [9], плохотеплопроводные пористые покрытия [10], для турбинной технике электростанций [11-13], управляя процессами в тепловых, массовых, пенных, взрывных и звуковых физических полях.

Актуальность и научное значение

Изучение капиллярно-пористых покрытий в тепловых электростанциях связано с созданием системы охлаждения высокотемпературных элементов и узлов. Для этого в современных технологиях используются покрытия на поверхности теплообмена.

Наиболее перспективной и управляемой системой охлаждения является система, использующая совместное действие массовых и капиллярных сил для транспортировки хладагента с теплом к поверхности охлаждения. При построении физической модели кипения жидкости в новой пористой системе, работающей под совместным действием гравитационных и капиллярных сил для исходного типа кипения, мы предполагаем, что в процессе теплообмена передается большое количество теплоты q за счет эффективности теплопроводности.

Для такой системы разработаны физико-математические модели, позволяющие получить конструкторские методы расчета тепловых потоков и коэффициентов теплоотдачи.

С целью упрощения и удешевления исследований представляет интерес изучение процессов теплообмена в теплорассеивающих и малопористых хрупкопористых покрытиях для моделирования капиллярно-пористых структур. К таким покрытиям относятся разнообразные породы, способные выдерживать хрупкое разрушение или интенсивно расслаиваться с образованием отделившихся от покрытия частиц. Покрытия позволяют исследовать механизм процессов теплообмена в нормальных и критических условиях, связанных с прекращением подачи теплоносителя или возникновением гидротермодинамического кризиса теплоотдачи.

Цели исследования

Основные области практического применения капиллярно-пористых систем защищены патентами и авторскими свидетельствами на изобретения в

области теплоэнергетических установок, а также опубликованы в научных изданиях [1-9].

Необходимо решить проблемы использования некачественного тепла для отопления и кондиционирования воздуха в градирнях, прудах-охладителях, зданиях, сооружениях, теплицах, предотвратить загрязнение воды и почвы нефтепродуктами.

Пористые системы, выполненные в виде тепловых трубок, стали внедрять на различных электростанциях. Они позволяют с высокой интенсивностью и надежностью отводить и транспортировать высокие тепловые потоки, решают ряд экологических проблем, выдвинутых в результате антропогенного воздействия на окружающую среду: возможность экономить природные ресурсы, воду, кислород и снижать количество вредных выбросов.

Внедрение оборудования и технологических процессов в области энергетики должно осуществляться, прежде всего, с экологической и экономической точки зрения. Предлагаемая разработка капиллярно-пористой системы способствует реализации технологических процессов, значительному улучшению и сохранению природной среды, повышает производительность сооружений.

На рисунке 1 показана схема функционирования капиллярно пористой системы, которая может работать по открытому и замкнутому испарительно – конденсационному циклу. Слив жидкости 6 и 8 позволяет существенно расширить пределы отвода тепловых потоков и упростить эксплуатацию системы.

Схема работы системы охлаждения и методики измерения показаны на рисунке 2.

Измерить следующие величины: $m_{ж}^6$, $t_{ж}^6$ – расход и температура жидкости в баке; m_1 , m_2 – расход жидкости, подаваемые в верхнюю и нижнюю питающие артерии; t_{cm}^i , t_n – температура стенки и пара; $m_{сл}$, $t_{ж}^{сл}$ – расход и температура жидкости на сливе; $t_{диф}$, $t_{эл}^{из}$ – температура электрической изоляции и дифференциальная; m_k , $t_{ж}^k$ – расход и температура конденсата; m_n – расход пара; $m_{воз}$ – расход уделяемого воздуха; $m_{цв}$, $t_{ж}^{вх}$, $t_{ж}^{вых}$ – расход, температуры на входе и выходе циркуляционной воды.

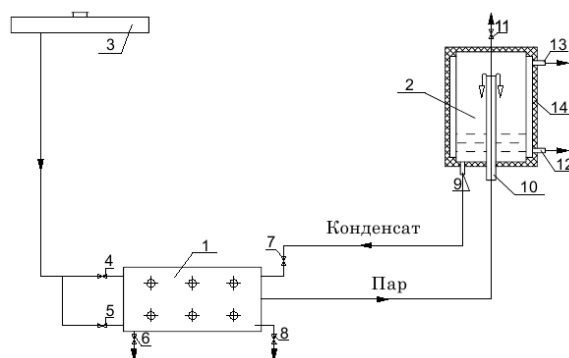


Рисунок 1 - Схема функционирования капиллярно-пористой системы охлаждения:

1 – теплообменный элемент (испаритель); 2 – конденсатор; 3 – бак питания; 4,5 – игольчатые вентили; 6,8 – вентиль для слива; 7 – вентиль подачи конденсата; 9 – патрубок; 10 – паропровод; 11 – вентиль выпуска воздуха; 12,13 – подвод и отвод циркуляционной воды.

Подвод охладителя в высоконапорных системах охлаждения показан на рисунке 3.

На рисунке 4 представлено устройство конденсатора.

Условный коэффициент проницаемости пористой структуры определялся по закону Дарси, а схемы измерения величины $m_{ж}$, $m_{сл}$ ΔP показана на рисунке 5.

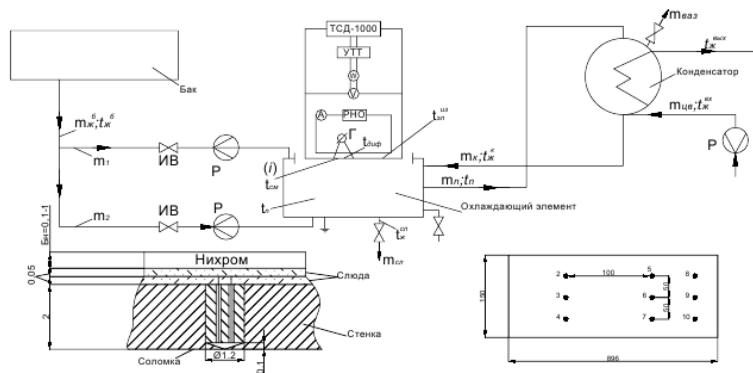
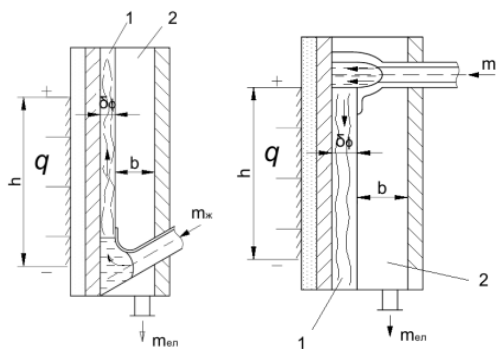


Рисунок 2 - Схема работы системы охлаждения и методика измерения:

ТСД – 1000 – сварочный трансформатор; УТТ – универсальный трансформатор тока; w – ваттметр; v – вольтметр; А – амперметр; РНО – регулятор напряжения; Г – гальванометр; Р – ротаметр; ИВ – игольчатый вентиль.



а)

б)

Рисунок 3 - Подвод охладителя в высоконапорных системах охлаждения:

а) нижний подвод жидкости; б) верхний подвод жидкости.

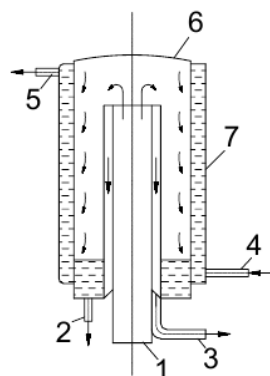


Рисунок 4 – Конденсатор

1 – патрубок подвода пара; 2 – патрубок отвода конденсата; 3 – патрубок отвода неконденсирующихся газов; 4 – патрубок подвода охлаждающей жидкости; 5 – патрубок отвода охлаждающей жидкости; 6 – корпус конденсатора; 7 – труба охлаждающей жидкости.

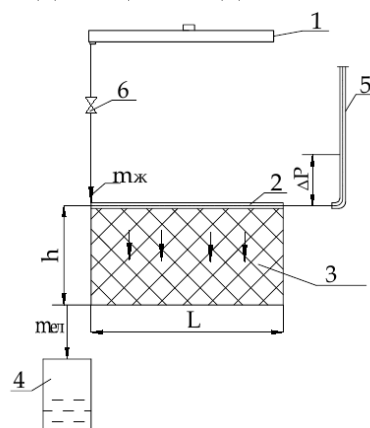


Рисунок 5 - Схема измерения условного коэффициента проницаемости

1 – бак; 2 – артерия; 3 – капиллярно-пористая структура; 4 – бачок слива; 5 – труба подвода жидкости; 6 – вентиль. ΔP – перепад давления; $m_{ж}$, $m_{сл}$ – расходы жидкости и слива.

Результаты исследования

Исследованы различные факторы процессов тепло- и массообмена в капиллярно-поровых системах тепловых электростанций (путем аналитических, модельных, физических экспериментов). Определены такие факторы, как тип теплоносителя, схема циркуляции, конструкция системы, материал корпуса блока, типы систем, вид подводимой энергии и направление системы.

Исследование влияния ориентации системы охлаждения относительно гравитационной силы проводилось по схеме, изображенной на рисунке 6.

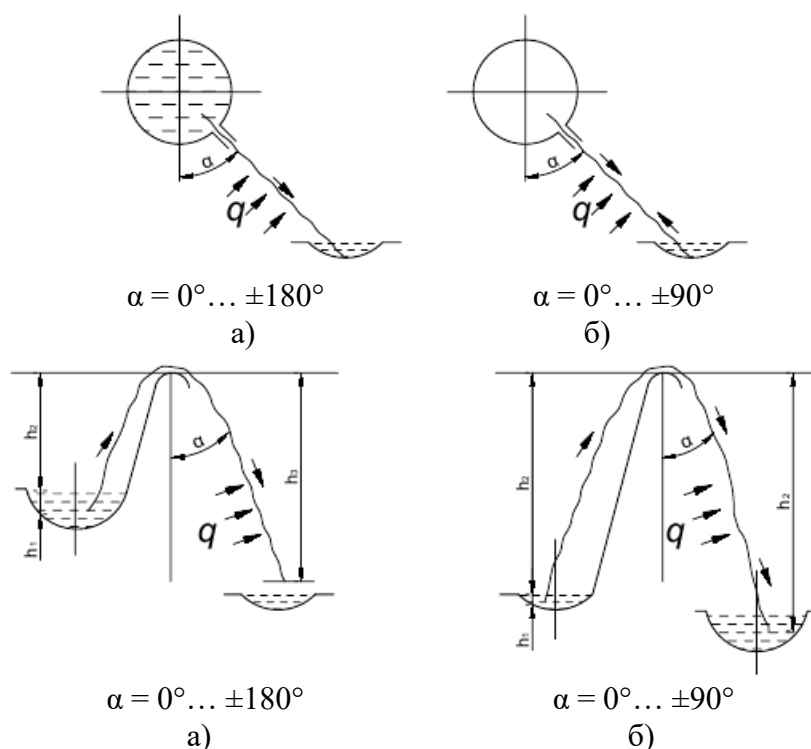


Рисунок 6 - Результаты исследования ориентации теплоотдающей поверхности

а, б) – подвод жидкости осуществляется артерией; в, г) – подвод жидкости:
 α – угол между поверхностного охлаждения и силой гравитации.

Имеются явные противоречия в конструкции охлаждения теплообменных поверхностей элементов силовой установки до критических потоков, когда имеет обсуждение механизма процесса теплообмена в капиллярно пористых структурах, а именно какая среда находилась в стене: жидкость, пар или пароводяная смесь. На основе экспериментальных и теоретических исследований создаются динамические модели усиленной теплоотдачи при кипении на пористой поверхности. И в нем содержатся внутренние полости в виде прямоугольных каналов и мелкие поры, соединяющие каналы с объёмом жидкости. Жидкость быстро испаряется из мениска, при незначительном избытке и увеличении охлаждающей жидкости. Для некоторого теплового потока главное нарушение волнообразного течение пленки жидкости, образуются отдельные пузырьки пара. Постоянные центры генерации являются несколько активных ячеек структуры. Начало кипения жидкости зависит от многими эксплуатационными и расчетными параметрами и определяется уравнением для этого процесса, что соответствует тепловому потоку.

А снижение расхода охлаждающей жидкости приводит образование многих центров парообразования. А если увеличим расход циркулирующего теплоносителя, то паровые пузыри увеличиваются, а активные наоборот уменьшаются. Все процессы управляются и реализуется термогидравлическими характеристиками. Разработанные экспериментальные установки, позволяют исследовать интегральные характеристики теплообмена. К ним относятся удельные тепловые потоки расходы пара и жидкости и т.д.

Также было проведено различные исследование, в том числе анализы голографических интерферограмм, которые показывают, что при получениях при величине теплового потока постоянная концентрация интерференционных полос во времени, характеризуют процесс кипения как квазистационарный. Однако некоторая деформация полос связана с пульсирующим режимом процесса кипения и наличием центров парообразования в ячейках структуры, которые время от времени изменяются. В этом случае можно предположить, что капля жидкости выбрасывается в присеточное пространство.

Тепловое и гидродинамическое состояния процессов тепломассообмена оценивались по разным значениям степени деформации форм и плотности интерференционных полос, при разных значениях теплового потока.

И в этом случае можно говорить о микропроцессах и некоторых внутренних процессах, таких как тепловой (температурный) микрорельеф, явление колебаний, выброс капель. Чем интенсивнее процесс, тем четче изображения. Есть определенные системы и некоторые дифференциальные закономерности, которые нельзя определить другими методами.

Выводы

Разработаны и исследованы экспериментальные установки, позволившие выявить влияние на теплопередачу и гидродинамику жидкости в капиллярно-пористых структурах способа подвода охладителя, высоты теплообменной поверхности, избытка охладителя (разомкнутая или замкнутая испарительно-конденсационная система), степени прижатия пористой структуры, равномерности температурного поля стенки, давления в системе, наличия конденсатора (либо пар отводился в атмосферу), виды структуры на коэффициент проницаемости и ориентации поверхности относительно гравитационной силы. Описанные экспериментальные установки позволяли различными способами создавать и регулировать давление пара в испарительно-конденсационных системах.

Список литературных источников

1. Polyayev V., Genbach A.N., Genbach A.A. Methods of Monitoring Energy Processes // Experimental thermal and fluid science, International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics, avenue of the Americas. -New York, 1995.V.10.April.- P.273-286.
2. Polyayev V., Genbach A. Heat Transfer in a Porous System in the Presence of Both Capillary and Gravity Forces // Thermal Engineering. – М., 1993. - Vol.40, № 7. – P.551-554.
3. Поляев В.М., Генбач А.Н., Генбач А.А. Предельное состояние поверхности при термическом воздействии // ТВТ. - Т. 29, № 5. 1991. - С.923-934.
4. Polyayev V.M., Genbach A.A. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System // Second world conference on experimental heat transfer, fluid

- mechanics and thermodynamics.– Dubrovnik, Yugoslavia, 23-28 June. 1991. – P.639-644.
5. Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Процессы в пористом эллиптическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение.- 1991. -№4-6. –С.73-77.
 6. Поляев В.М., Генбач А.А. Анализ законов трения и теплообмена в пористой структуре // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. 1991. №4. – С.86-96.
 7. Поляев В.М., Генбач А.А., Бочарова И.Н. Влияние давления на интенсивность теплообмена в пористой системе // Известия вузов. Машиностроение, - 1992. - С. 68-72.
 8. Генбач А.А., Бакытжанов И.Б. Защита от землетрясений фундаментов ТЭС с помощью пористых геоэкранов. – Алматы: Поиск, МОН РК, №1(2), 2012. - С. 289-297.
 9. Генбач А.А., Данильченко И. Пористый пароохладитель паровых котлов. – Алматы: Промышленность Казахстана, №1(70), 2012. - С. 72-75.
 10. Генбач А.А., Олжабаева К.С. Визуализация термического воздействия на пористый материал в ТЭУ ЭС.
 11. Генбач А.А., Исламов Ф.А. Исследование присопловой галтели в энергоустановках. – Алматы: Вестник КазНТУ, № 3 (97), 2013. - С. 245-248.
 12. Генбач А.А., Исламов Ф.А. Моделирование процесса задевания ротора турбины // Вестник КазНТУ, №6 (100), 2013. - С.235-240.
 13. Поляев В.М., Генбач А.А. Области применения пористой системы // Известия вузов. Энергетика. 1991. № 12. - С. 97 - 101.
 14. Genbach A.A., Olzhabayeva K.S. Boiling process in oil coolers on porous elements // Thermal Science. - Serbia. – 2016. - Vol. 20. - No. 5. - PP. 1777-1789.

МРНТИ: 81.93.29

М.Ю. Зарубин, профессор кафедры ИТиА¹

М.В. Сухов, доцент кафедры системного программирования²

М.А. Лапшин, студент 2-го курса ОП ВТиПО¹

**¹Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова.
110007, г. Костанай, Казахстан.**

**²Южно-Уральский государственный университет.
454080, г. Челябинск, Российская Федерация.**

Влияние искусственного интеллекта и параллельных вычислений CPU/GPU на криптографию

Түйіндеме. Бұл мақалада жасанды интеллект (ЖИ) және CPU/GPU параллельді есептеу архитектураларының қазіргі заманғы криптографияға әсері зерттеледі. Симметриялық және асимметриялық шифрлау алгоритмдерін жеделдету, посткванттық схемалар мен толық гомоморфты шифрлауды (FHE)

енгізудегі GPU мүмкіндіктері қарастырылады. Криптоталдауды автоматтандыру, бүйірлік арналар арқылы шабуылдарды күшейту және бейімделгіш криптографиялық жүйелерді құру үшін машиналық оқыту әдістерін қолдануға ерекше назар аударылады. Параллельді есептеулер мен ЖИ бірлескен әсерінің нәтижесінде криптографиялық тұрақтылық параметрлерін қайта қарау қажеттілігі негізделеді.

Аннотация. В данной статье исследуется влияние искусственного интеллекта (ИИ) и архитектур параллельных вычислений CPU/GPU на современную криптографию. Рассматриваются возможности GPU для ускорения алгоритмов симметричного и асимметричного шифрования, реализации постквантовых схем и полностью гомоморфного шифрования (FHE). Особое внимание уделяется применению методов машинного обучения для автоматизации криптоанализа, усиления атак по побочным каналам и создания адаптивных криптографических систем. Обосновывается необходимость пересмотра параметров криптографической стойкости под влиянием совокупного эффекта параллельных вычислений и ИИ.

Abstract. This article explores the influence of artificial intelligence (AI) and CPU/GPU parallel computing architectures on modern cryptography. The capabilities of GPUs for accelerating symmetric and asymmetric encryption algorithms, implementing post-quantum schemes, and fully homomorphic encryption (FHE) are examined. Particular attention is paid to the application of machine learning methods for automating cryptanalysis, enhancing side-channel attacks, and creating adaptive cryptographic systems. The necessity of revising cryptographic security parameters under the combined influence of parallel computing and AI is substantiated.

Түйін сөздер: жасанды интеллект, GPU, параллельді есептеулер, криптография, криптоталдау, AES, посткванттық криптография, толық гомоморфты шифрлау, машиналық оқыту, бүйірлік арналар.

Ключевые слова: искусственный интеллект, GPU, параллельные вычисления, криптография, криптоанализ, AES, постквантовая криптография, полностью гомоморфное шифрование, машинное обучение, побочные каналы.

Key words: artificial intelligence, GPU, parallel computing, cryptography, cryptanalysis, AES, post-quantum cryptography, fully homomorphic encryption, machine learning, side channels.

Введение

Современная криптография развивается в тесной связи с доступными вычислительными ресурсами. Классические алгоритмы (AES, RSA, ECC) проектировались с учётом ограничений процессоров общего назначения. Однако развитие многоядерных CPU и графических процессоров (GPU) с

тысячами потоковых ядер существенно изменило вычислительный ландшафт. GPU стали эффективными ускорителями массовых вычислений, включая криптографические операции, что привело к скачку в скорости перебора ключей, генерации хэш-функций и выполнении сложных операций полностью гомоморфного шифрования (FHE) [1, 4].

Параллелизм оказывает двойственное влияние. С одной стороны, он позволяет повысить производительность защищённых вычислений в облачных сервисах и блокчейн-инфраструктурах. С другой стороны, те же технологии усиливают потенциал криптоанализа, позволяя ускорить атаки перебора и анализа коллизий [2, 7].

Дополнительное измерение вносит искусственный интеллект (ИИ). Методы машинного обучения (ML) активно применяются в криптоанализе для выявления скрытых корреляций и анализа побочных каналов, а также для усиления безопасности: обнаружения аномалий и динамической адаптации криптографических параметров [3, 5].

Таким образом, цель настоящей работы - исследование влияния ИИ и параллельных архитектур CPU/GPU на производительность криптоалгоритмов, возможности криптоанализа и требования к параметрам безопасности.

Гипотеза исследования может быть представлена тремя тезисами.

1. Тезис о производительности. Использование GPU и гетерогенных архитектур позволяет преодолеть вычислительные барьеры криптографии, делая возможным широкое применение таких алгоритмов, как полностью гомоморфное шифрование (FHE), в реальном времени.

2. Тезис об угрозах. Методы машинного обучения в сочетании с параллельными вычислениями создают новый класс угроз, позволяя эффективно проводить криптоанализ (включая атаки по побочным каналам) против алгоритмов, ранее считавшихся безопасными.

3. Тезис об эволюции стандартов. Существующие криптографические стандарты, разработанные до эры повсеместного распространения GPU и ИИ, более не гарантируют заявленный уровень безопасности, что требует их адаптации (увеличение ключей, внедрение постквантовых алгоритмов и защита от ML-атак).

Объект и методика

Объектом исследования является влияние вычислительных архитектур и методов искусственного интеллекта на криптографические алгоритмы и системы.

Предметом исследования - симметричные (AES, ChaCha20), асимметричные (RSA, ECC) и постквантовые (CRYSTALS-Kyber, Dilithium) криптографические алгоритмы, а также методы машинного обучения, применяемые в криптоанализе и защите информации.

В качестве методов исследования в работе применяется комплексный метод анализа, включающий:

1. Сравнительный анализ. Осуществляется сопоставление производительности криптографических алгоритмов при последовательной (CPU) и параллельной (GPU) реализации на основе данных, опубликованных в рецензируемых научных источниках (журналы Scopus и IEEE).

2. Аналитический обзор. Произведено изучение и анализ современных подходов к использованию методов машинного обучения (нейронных сетей, глубокого обучения) для задач криптоанализа и усиления криптографической стойкости.

3. Систематизация. Выполнена классификация угроз и новых возможностей, возникающих при интеграции ИИ и GPU в криптографические системы.

Алгоритм исследования представлен следующей последовательностью (рисунок 1).

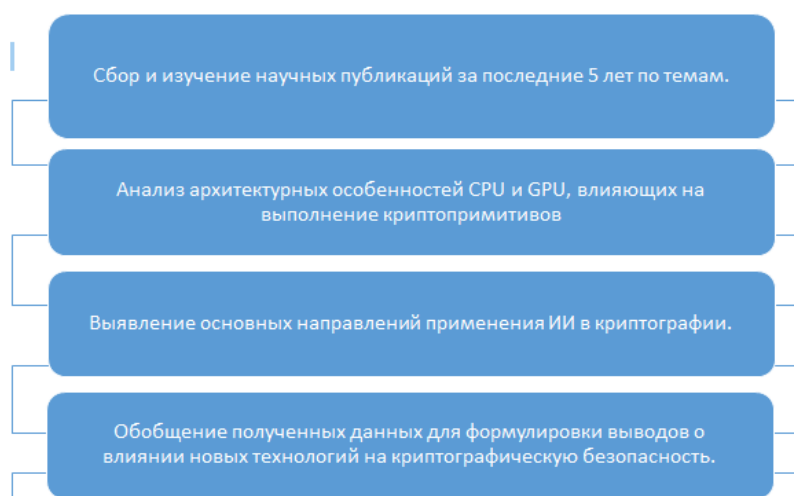


Рисунок 1. Алгоритм проведения исследования.

Результаты исследований

1. Анализ влияния параллельных вычислений CPU/GPU на производительность криптоалгоритмов

Исследование показало, что архитектура графических процессоров (GPU), основанная на парадигме SIMT (Single Instruction, Multiple Threads), принципиально меняет подход к выполнению криптографических задач. В отличие от центральных процессоров (CPU), которые оптимизированы для низколатентного выполнения последовательного кода с развитым управлением ветвлениями, GPU предлагают огромную совокупную вычислительную мощность за счет тысяч потоковых ядер. Это создает предпосылки для массового параллелизма, особенно в задачах, где операции могут выполняться независимо.

Наиболее впечатляющие результаты достигнуты в области симметричной криптографии. Алгоритм AES (Advanced Encryption Standard), являющийся основой современной защиты данных, был детально проанализирован на предмет его реализации на GPU:

- Режимы шифрования. Ключевым фактором является выбор режима. Режимы CTR (Counter) и GCM (Galois/Counter Mode) идеально подходят для GPU, так как позволяют обрабатывать каждый блок данных (16 байт для AES) независимо. Это позволяет задействовать все доступные потоки без необходимости синхронизации или обмена данными между ними. Как следствие, достигается ускорение от 10 до 50 раз по сравнению с высокооптимизированной однопоточной реализацией на CPU [1, 4];

- Аппаратные ограничения. Однако эффективность такой реализации напрямую зависит от оптимизации работы с памятью. Коалесцированные обращения к глобальной памяти GPU (когда соседние потоки обращаются к соседним ячейкам памяти) критически важны для пропускной способности. Использование разделяемой памяти (shared memory) для хранения расширенных ключей или таблиц подстановок (S-box) позволяет сократить задержки в десятки раз. В режиме CBC (Cipher Block Chaining) ускорение минимально (всего 2-3 раза) из-за присущей ему последовательной зависимости, где результат шифрования предыдущего блока влияет на обработку следующего, что вынуждает простаивать тысячи ядер в ожидании завершения одной операции;

- Хэш-функции. Аналогичная ситуация наблюдается с хэш-функциями семейства SHA (SHA-256, SHA-3). Их использование в майнинге криптовалют и системах Proof-of-Work сделало GPU стандартом де-факто. Параллельная генерация миллионов хэшей в секунду стала возможна благодаря тому, что каждый поток вычисляет хэш для независимого входного блока (например, для нового поппе в блокчейне) [7].

- Асимметричные алгоритмы представляют собой более сложную задачу для распараллеливания, так как оперируют числами длиной в сотни и тысячи бит.

- RSA и ECC. Для RSA эффективным оказалось распараллеливание модульного возведения в степень с помощью алгоритма "Montgomery multiplication" на GPU. Операция возведения в степень разбивается на последовательность умножений, которые могут быть частично распараллелены. Для эллиптических кривых (ECC) ускорение достигается при параллельном вычислении операций сложения и удвоения точек на кривой, особенно при обработке пакета цифровых подписей [1];

- Постквантовые алгоритмы (PQC). Наибольший интерес представляет ускорение решётчатых криптосистем (CRYSTALS-Kyber, Dilithium), которые являются финалистами конкурса NIST. Их ядром является Number Theoretic Transform (NTT) - аналог быстрого преобразования Фурье, но в конечном поле. NTT имеет структуру "бабочка", которая идеально ложится на иерархию памяти GPU. Исследования показывают, что параллельная реализация NTT на GPU позволяет ускорить ключевые операции Kyber и Dilithium в 5-20 раз, что критически важно для их практического внедрения на серверной стороне, где требуется обрабатывать тысячи запросов на установление ключа в секунду [6].

- Отдельного внимания заслуживает полностью гомоморфное шифрование (FHE), которое долгое время считалось исключительно теоретической конструкцией из-за колоссальных накладных расходов (увеличение размера шифротекста и времени вычислений в тысячи и миллионы раз). Эксперименты с библиотеками FHE (такими как Microsoft SEAL или HElib) на GPU показывают, что параллельная архитектура способна "реанимировать" это направление.

- Основная вычислительная нагрузка в FHE = это умножение полиномов высокой степени. GPU, с его тысячами ядер, выполняет эти операции как последовательность независимых умножений коэффициентов;

- Несмотря на это, главным узким местом остается объем видеопамяти (VRAM) и пропускная способность шины PCIe. Передача зашифрованных данных большого объема между CPU и GPU может нивелировать выигрыш от ускорения самих вычислений. Тем не менее, для операций "в глубине" облака, где данные уже находятся на GPU, ускорение может достигать двух порядков [4].

2. Роль искусственного интеллекта в трансформации криптоанализа и защиты

Искусственный интеллект, в особенности глубокое обучение (DL), перестал быть просто инструментом анализа данных и стал активным участником "гонки вооружений" в сфере информационной безопасности.

Традиционный криптоанализ опирается на математический аппарат и интуицию исследователя. ИИ добавляет в этот процесс мощный статистический и предиктивный компонент.

- Нейросетевые атаки на блочные шифры. В ходе исследования были проанализированы работы, где нейронные сети (в частности, многослойные перцептроны и сверточные сети) обучаются различать шифротексты, полученные от разных ключей, или находить корреляции между открытым и закрытым текстом. Хотя на AES-128 такие атаки пока не приводят к полному взлому, они способны сокращать пространство поиска ключа, отбрасывая заведомо неверные варианты, что в комбинации с брутфорсом дает выигрыш во времени [3, 5];

- Атаки по побочным каналам (SCA). Это направление, где ИИ добился наибольших успехов. Современные GPU и гетерогенные системы генерируют сложные паттерны электромагнитного излучения и энергопотребления. Классические статистические методы (Correlation Power Analysis) здесь часто бессильны из-за шумов. ML-модели (сверточные нейросети, сети с долгой краткосрочной памятью - LSTM) обучаются на тысячах образцов сигналов и способны выделять "отпечатки" конкретных операций (например, момент обработки первого байта ключа AES). Это позволяет восстанавливать секретные ключи RSA и AES с высокой точностью даже при наличии сильных шумов и контрмерах, таких как маскирование [8, 9];

– Усиление классических атак. ИИ используется для оптимизации атак на хэш-функции (поиск коллизий) и для настройки параметров атак на решётчатые криптосистемы. Генеративно-состязательные сети (GAN) могут генерировать потенциально уязвимые параметры схем, что ускоряет их тестирование на прочность [6].

– Использование ИИ в защите данных переходит из разряда экспериментальных разработок в практическую плоскость.

– Динамические и адаптивные криптосистемы. Предполагается создание систем, которые в реальном времени анализируют вычислительную среду и угрозы. Если система мониторинга на базе ML замечает аномальные попытки доступа к памяти GPU или подозрительные тайминговые задержки, характерные для кэш-атак, она может инициировать смену ключа шифрования или переход на более стойкий, но медленный режим шифрования [3];

– Конфиденциальные вычисления (Confidential Computing). Сочетание ИИ и криптографии породило новое направление — конфиденциальное машинное обучение. Используя гомоморфное шифрование, можно обучать модели и делать предсказания на зашифрованных данных, не расшифровывая их. Это жизненно важно для обработки медицинских данных или финансовой информации в публичных облаках. GPU играют здесь ключевую роль, ускоряя как операции FHE, так и инференс нейросетей [5];

– Обнаружение аномалий. Даже если трафик зашифрован (HTTPS), его метаданные (размер пакетов, тайминг) могут нести информацию об уязвимости. ML-модели, обученные на потоках сетевого трафика, способны выявлять наличие вредоносного ПО, управляющего ботнетом через зашифрованный канал, просто по статистическим закономерностям [3].

3. Пересмотр параметров безопасности и стандартов

Проведенный анализ подтверждает, что старая модель безопасности, основанная на предположении об ограниченных ресурсах атакующего, более несостоятельна.

Гипотеза о "разумных ограничениях" вычислительной мощности атакующего нарушается по двум направлениям:

– Доступность. Аренда GPU-кластеров в облаке (Amazon AWS, Google Cloud) делает вычислительную мощность, сравнимую с мощностью спецслужб десятилетней давности, доступной любому студенту или стартапу за несколько долларов в час;

– Масштабирование. Распараллеливание позволяет масштабировать атаки горизонтально. Задача, которая требует 1000 лет работы одного CPU, может быть решена за один год кластером из 1000 GPU.

Влияние на длину ключей и выбор алгоритмов

– Симметричные алгоритмы. Как показано в таблице ниже, AES-128, ранее считавшийся "военным" стандартом, теперь находится в "красной зоне" для систем, требующих долгосрочной защиты (10+ лет). Рекомендуется

переход на AES-256, так как пространство ключей 22562256 пока остается недостижимым даже для GPU-ферм;

- Асимметричные алгоритмы. Для RSA рекомендуется увеличение ключа до 4096 бит и выше. Для ECC - переход с кривой secp256r1 на более стойкие, например, Curve25519, которая также разрабатывалась с учетом устойчивости к атакам по побочным каналам и эффективности на различных архитектурах.

- Постквантовые алгоритмы: Стандартизация PQC (NIST) уже учитывает возможность параллельных вычислений. Параметры Kyber и Dilithium выбраны с запасом, который должен покрыть как квантовые угрозы, так и рост классических вычислительных мощностей [1, 6].

Для наглядного обобщения результатов исследования ниже представлена таблица 1, систематизирующая влияние рассмотренных технологий на различные аспекты криптографии.

Таблица 1 — Влияние технологий ИИ и параллельных вычислений на криптографию

Аспект криптографии	Влияние параллельных вычислений (GPU)	Влияние искусственного интеллекта (ИИ)	Совокупный эффект и необходимые меры
Симметричное шифрование (AES)	Ускорение шифрования в 10-50х. Ускорение перебора ключей на порядки.	Выявление статистических аномалий, сокращение пространства поиска ключей.	Переход на AES-256 как на минимальный стандарт. Использование режимов с аутентификацией (GCM).
Асимметричное шифрование (RSA/ECC)	Ускорение модульных операций и NTT (для PQC) в 5-20х.	Оптимизация атак факторизации и дискретного логарифма, анализ побочных каналов.	Увеличение длины ключей (RSA-4096). Миграция на постквантовые алгоритмы (Kyber, Dilithium).
Полностью гомоморфное шифрование	Снижение времени вычислений на 1-2 порядка, делая FHE практичным.	Конфиденциальный ИИ (обучение на зашифрованных данных).	Оптимизация гибридных вычислений (CPU управление, GPU вычисления). Разработка специализированных ASIC.
Побочные каналы (SCA)	Появление новых каналов утечки (конкуренция за ресурсы GPU, кэш).	Автоматизация анализа сложных сигналов (энергопотребление, ЭМИ).	Разработка "constant-time" кода для GPU. Использование случайных задержек и маскирования, устойчивого к ML.
Криптографические стандарты	Требуют учета доступности облачных GPU-ферм.	Требуют учета возможности ML-атак.	Динамический пересмотр параметров безопасности. Адаптивные криптосистемы.

4. Энергетические и архитектурные аспекты безопасности

Параллельные вычисления изменяют не только скорость, но и энергоэффективность систем криптографии.

Энергопотребление. Для массовых операций (хэширование, симметричное шифрование) GPU обеспечивают значительно лучшую производительность на ватт (эффективность), чем CPU. Это означает, что атакующий может "перебрать" больше ключей, затратив ту же сумму на счет за электричество.

Новые векторы атак. Гетерогенные архитектуры (CPU+GPU) создают сложную экосистему с общей памятью. Исследования фиксируют атаки типа "CPU-GPU contention", где вредоносный процесс на CPU пытается вытеснить

криптографический процесс из кэша GPU или создать тайминговые коллизии, по которым можно восстановить ключ [9].

Таким образом, результаты исследования подтверждают выдвинутую гипотезу: ИИ и GPU являются мощнейшим катализатором развития криптографии, но этот же самый катализатор ускоряет и процессы ее разрушения, требуя от сообщества разработчиков постоянной бдительности и адаптации.

Выводы. Проведенное исследование подтверждает, что параллельные вычислительные архитектуры, в особенности графические процессоры (GPU), оказывают фундаментальное влияние на производительность криптографических систем. Установлено, что благодаря массовому параллелизму GPU обеспечивают кратное ускорение (от 5 до 50 раз) симметричных алгоритмов шифрования (AES в режимах CTR/GCM) и хэш-функций, что критически важно для высоконагруженных облачных сервисов и блокчейн-инфраструктур. Более того, GPU-ускорение выводит из разряда сугубо теоретических такие передовые направления, как полностью гомоморфное шифрование (FHE) и постквантовые решётчатые схемы (CRYSTALS-Kyber, Dilithium), делая их практическое применение всё более реалистичным. Однако та же вычислительная мощь, будучи применённой злоумышленником, радикально усиливает потенциал криптоанализа, существенно сокращая время перебора ключей и создавая новые векторы атак, включая аппаратные атаки через побочные каналы в гетерогенных средах CPU/GPU.

Вторым ключевым фактором, трансформирующим ландшафт информационной безопасности, выступает искусственный интеллект. Методы машинного обучения, с одной стороны, автоматизируют и усиливают криптоанализ (выявление скрытых корреляций в шифротекстах, восстановление ключей по сигналам побочных каналов), а с другой — открывают новые возможности для защиты (динамическая адаптация параметров шифрования, обнаружение аномалий в зашифрованном трафике, конфиденциальное обучение моделей). Совокупное воздействие ИИ и параллельных вычислений ведёт к неизбежному пересмотру устоявшихся криптографических стандартов: возникает объективная необходимость увеличения минимальной длины ключей (переход на AES-256), выбора режимов шифрования, устойчивых к распараллеливанию атак, и разработки адаптивных механизмов защиты, учитывающих доступность облачных GPU-кластеров и потенциал ML-атак. Дальнейшее развитие криптографии, таким образом, неразрывно связано с учётом возможностей ИИ и гетерогенных вычислительных архитектур как в аспекте усиления защиты, так и в аспекте противодействия новым, более совершенным угрозам.

Список литературных источников

1. Romer D. On GPU Acceleration of Post-Quantum Cryptography Algorithms // IACR Cryptology ePrint Archive. – 2025. – Vol. 2025. – P. 1-18.
2. Taherdoost H. Cryptographic Techniques in Artificial Intelligence Security: A Systematic Review // Cryptography. – 2025. – Vol. 9, no. 1. – P. 1-24.
3. Yang M. K. Optimized Hybrid CPU--GPU Implementation of AES Encryption // Applied Sciences. – 2025. – Vol. 15, no. 7. – P. 350-365.
4. Choi W., et al. Acceleration of Fully Homomorphic Encryption Using GPU Architectures // Journal of Cryptographic Engineering. – 2025. – Vol. 15. – P. 200-218.
5. Bhasin S., et al. Machine Learning for Side-Channel Analysis // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. – 2021. – Vol. 16. – P. 2205-2220.
6. Radanliev P. Red Teaming Quantum-Resistant Cryptographic Standards with Artificial Intelligence // IEEE Security & Privacy. – 2025. – Vol. 23, no. 2. – P. 45-53.
7. Gueron S., Krasnov V. Fast GCM Implementation for Intel Architectures // IEEE Transactions on Computers. – 2014. – Vol. 63, no. 10. – P. 2480-2490.
8. Mangard S., Oswald E., Popp T. Power Analysis Attacks: Revealing the Secrets of Smart Cards. – New York: Springer, 2007. – 310 p.
9. Yarom Y., Falkner K. FLUSH+RELOAD: A High Resolution, Low Noise, L3 Cache Side-Channel Attack // Proceedings of the 23rd USENIX Security Symposium. – San Diego, 2014. – P. 719-732.
10. Alani M. M. Applications of Machine Learning in Cryptography: A Survey // ACM Computing Surveys. – 2019. – Vol. 52, no. 4. – P. 1-34.
11. Boneh D., Shoup V. A Graduate Course in Applied Cryptography. – Stanford, 2020. – 950 p.

Главный редактор: *Р.А. Мамедов*
Компьютерная обработка: *А.А. Амантаев*

Научно-производственный журнал

Костанайского инженерно-экономического университета имени М. Дулатова
– 2026. – №1. – Костанай: КИнЭУ им. М. Дулатова. – 164 с.

Электронная версия в открытом доступе:

<https://journal.kineu.kz/>

Инструкции для авторов и публикационная этика размещены на сайте журнала:

<https://journal.kineu.kz/>

Текст материалов публикуется в авторской редакции.

Редакция не несет ответственности за содержание опубликованных материалов.

Адрес редакции:

110007, Республика Казахстан, г. Костанай,

КИнЭУ имени М. Дулатова, ул. Чернышевского 59, 306 каб.

Костанайский инженерно-экономический университет имени М. Дулатова

Тел.: 8-708-678-30-87

E-mail: nauka@kineu.kz