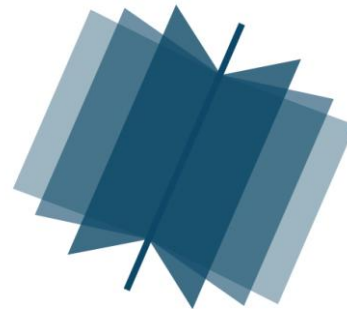


**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

**ISSN 2303-9868 PRINT
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург
2017



Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.
Главный редактор: Миллер А.В.
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская,
д. 4, корп. А, оф. 17.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org

**№ 04 (58) 2017
Часть 4
Апрель**

Подписано в печать 17.04.2017.
Тираж 900 экз.
Заказ 26184.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

Сборник по результатам LI заочной научной конференции International Research Journal.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Журнал входит в международную базу научного цитирования **Agris**.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 51217**.

Члены редколлегии:

Филологические науки: Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

Технические науки: Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

Педагогические науки: Лежнева Н.В. д-р пед. наук, Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук.

Психологические науки: Мазилев В.А. д-р психол. наук, Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук.

Физико-математические науки: Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свиштунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

Географические науки: Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

Биологические науки: Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

Архитектура: Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

Ветеринарные науки: Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

Медицинские науки: Медведев И.Н., д-р мед. наук, д.биол.н., проф., Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

Исторические науки: Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.ист.наук, к.экон.н.

Культурология: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Искусствоведение: Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

Философские науки: Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

Юридические науки: Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

Сельскохозяйственные науки: Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

Социологические науки: Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

Химические науки: Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук.

Науки о Земле: Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

Экономические науки: Бурда А.Г., д-р экон. наук, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

Политические науки: Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

Фармацевтические науки: Тринеева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

THE INFLUENCE OF THE CARDIOMUSCULAR TOPOLOGY ON THE MAGNETIZING FORCE MEASURED BY MAGNETOCARDIOGRAPH	6
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ	13
ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА И РАБОЧЕГО МЕСТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ	19
ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА СТРУКТУРНЫХ РАЗЛИЧИЙ В КАТЕГОРИЯХ ИЗОМОРФИЗМА.....	24
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОДНОФАЗНОГО И ДВУХФАЗНОГО РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО ТРУБОПРОВОДНЫМ СИСТЕМАМ	28
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТУРБОДЕТАНДЕРА.....	35
ПОВЫШЕНИЕ САНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД	39
ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УПЛОТНИТЕЛЯ ПОРШНЯ И СИСТЕМЫ «УПЛОТНИТЕЛЬ-ЦИЛИНДР»	43
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ERP ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯМИ ОБЪЕКТАМИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ.....	48
ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ НИКОТИНА.....	54
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕРСЕПТРОНА И ЛИНЕЙНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПАКЕТЕ МАТЛАВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЗЛОУМЫШЛЕННИКА В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ	58
ПАКЕТНО-РЕЗАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ КРУПНОРАЗМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА	62
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АТОМНО-ЭМИССИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ НА ПЗС-ЛИНЕЙКАХ И ФЭУ	68
ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЗОВОГО ЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ТТЛ СО СЛОЖНЫМ ИНВЕРТОРОМ	74
УТИЛИЗАЦИЯ АБГАЗНОЙ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРМЕТАНОВ	78
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ	80
АНАЛИЗ ДИАГРАММ ПЛАВКОСТИ ИТРИЙСОДЕРЖАЩИХ ГАЛОГЕНИДНЫХ СИСТЕМ.....	82
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА БИОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНДИВИДА КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О НЕОБХОДИМОСТИ ВРАЧЕБНОЙ ДИАГНОСТИКИ.....	87
ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР ОТЧЕТОВ ДЛЯ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ.....	91
ОБ УДВОЕНИИ ЧАСТОТЫ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ВИХРЕВОМ ЭЖЕКТОРЕ	94
ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЕМКОСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ НАЛАЧКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ	98
ОЦЕНКА ЗАГРУЗКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ХЛЕБНОЙ МАССОЙ	101
СХЕМА ШАССИ ДЛЯ ЛЕГКОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ.....	104
ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ В АВТОНОМНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ	109
МОДЕЛЬ ВЫБОРА ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В КОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ	113
ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ МЕЛКОКОНТЕЙНЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОСТАВКИ.....	117
УЛУЧШЕНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИНСТРУМЕНТИОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОГО АЛГОРИТМА	122
ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ	126

МЕТОД ВСТРАИВАНИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ВЕЙВЛЕТ-КОЭФФИЦИЕНТЫ АУДИО-СПЕКТРОГРАММЫ	129
--	-----

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHARMACEUTICS

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРГЕКСИДИНА БИГЛЮКОНАТА В ГЕЛЕ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ КАРИЕСА ДЕНТИНА	133
---	-----

МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОССИЙСКОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ОСТРЫХ КИШЕЧНЫХ ИНФЕКЦИЙ	136
---	-----

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERINGDOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.021>Арутюнов Ю.А.¹, Возовиков И.Н.², Дробязко А.А.³, Шашок П.А.³, Чашин Е.А.⁴¹Кандидат физико-математических наук, Ведущий научный сотрудник,

Научно-клинический центр спортивной медицины федерального медико-биологического агентства России,

²доктор медицинских наук, Профессор, Центральная клиническая больница восстановительного лечения федерального медико-биологического агентства России,³инженер, ООО «Двойная спираль»,⁴кандидат технических наук, Заведующий кафедрой «Электротехника»,

Ковровская государственная технологическая академия им.В.А. Дегтярева

ВЛИЯНИЕ ТОПОЛОГИИ МИОКАРДА СЕРДЦА НА НАПРЯЖЕННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ИЗМЕРЯЕМОГО МАГНИТОКАРДИОГРАФОМ**Аннотация**

Одним из распространенных заболеваний сердечно-сосудистой системы животных является развитие патологии, сопровождающейся возникновением дистрофических и деструктивных изменений в миокарде сердца. Результаты современных исследований показали, что характеристики гемодинамики, физико-механики и электрофизиологии сердечно-сосудистой системы, близкие к результатам физиологических экспериментов достигаются в приближении, что миокард сердца имеет топологию Мебиуса. В приближении гипотезы о влиянии топологии магнитопровода на его приведенные характеристики, в области малых интенсивностей магнитных полей, сопоставимых с влиянием собственной намагниченности структуры, миокард сердца рассмотрен как совокупность магнитных доменов, которые связывают микроскопические магнитные характеристики с макроскопическими свойствами. Показана качественная возможность, в целях диагностики и прогнозирования развития патологий в сердечно-сосудистой системе характеризовать функциональный статус миокарда по результатам измерения напряженности магнитного поля.

Ключевые слова: миокард сердца, топология Мебиуса, магнитопровод, магнитное поле.Arutyunov Yu.A.¹, Vozovikov I.N.², Drobyazko A.A.³, Shashok P.A.³, Chaschin Ye.A.⁴¹PhD in Physics and Mathematics, Leading Researcher,

Scientific-Clinical Center of Sports Medicine Federal Medical-Biological Agency of Russia,

²MD, Professor,

Central Clinical Hospital of Regenerative Treatment Federal Medical-Biological Agency of Russia,

³engineer, LLC «Double spiral»,⁴PhD in Engineering, Head of the Department of «Electrotechnics»,

Kovrov State Technical Academy

THE INFLUENCE OF THE CARDIOMUSCULAR TOPOLOGY ON THE MAGNETIZING FORCE MEASURED BY MAGNETOCARDIOGRAPH**Abstract**

One of the most common diseases of the cardiovascular system of animals is the development of pathology, accompanied by the appearance of dystrophic and destructive changes in the myocardium of the heart. The results of modern studies have shown that hemodynamic characteristics, physical and mechanical and Electrophysics of cardiovascular system, similar to the results of physiological experiments, achieved in the approximation that the myocardium of the heart has a Möbius topology. The myocardium of the heart is viewed as a collection of magnetic domains that connect microscopic magnetic characteristics with macroscopic properties. It was done in the approximation of the hypothesis of the influence of the magnetic topology on its given characteristics in the low intensities of magnetic fields comparable to the effect of its own magnetization of the structure. Qualitative possible to characterize the functional status of the myocardium by measuring the magnetizing force for the purpose of diagnostics and prediction of the pathologies evolution of cardio-vascular system has been shown.

Keywords: heart myocardium, mobius topology, magnetic circuit, magnetic field.**Introduction**

It is known that the cardiovascular system is one of the most important systems of animals organism. Animals often suffer from various heart diseases. One of the most common diseases of the cardiovascular system of animals is the development of pathology, accompanied by the appearance of dystrophic and destructive changes in the myocardium of the heart. The results of modern researches have shown that the characteristics of hemodynamics, physicomechanics and electrophysics of the cardiovascular system, close to the results of physiological experiments, are achieved in the approximation that the myocardium of the heart has the Mobius topology [1, 2].

In the modern methodology for the analysis of complex systems, it is proposed to draw analogies between processes that relate to different fields of science. It is done by considering of dynamic models and constructing of general laws of behavior and management, with the aim of finding new regularities and characteristics of a complex system. In particular, this applies to Mobius transformations, which occupy a special place, since they represent a composition of a finite number of inversions

relative to spheres in Euclidean space $\bar{R}^n = R^n \cup \{\infty\}$. Moreover, the group of all Mobius transformations of the space \bar{R}^n is finite-dimensional, and its subgroup, which is composed of orientation-preserving mappings, is isomorphic $SO(n+1.1)$ [3]. The latest statement has a particular interest during the construction of a mathematical model that describes the propagation of the magnetic field produced by ferrimagnetic materials when the geometric parameters of the

magnetic circuit are changed, in particular when it is transformed in the form of a Mobius loop. It makes relevant the solution of the task of "visualizing" the internal structure of the myocardium of the heart.

Material and methods

It is known that ferromagnetic materials have a domain structure, whose orientation determines the magnitude of the remanent magnetization of the magnetic circuit. We assume that in a magnetic circuit with lumped electromagnetic coils there are several magnets arranged so that the distances between them are large in comparison with their dimensions. In this approximation, we can assume that the field configuration will be similar to the field pattern created by electric dipoles [4]. We assume that these magnetic dipoles are formed by fictitious magnetic charges $\pm m_i$, the distance between them is l_i . It is known that a single magnetic dipole creates a magnetic field, which is analogous to the field of an electric dipole [5]. In this approximation, the magnetostatic interaction of individual components within the volume of a magnetized solid reduces to the generation of its own magnetostatic energy, the magnitude of which can be determined as

$$U = 0.5 \sum_{i=1}^n m_i \hat{\Phi}_i, \quad (1)$$

where Φ_i is a magnetic potential created by all charges except i -th at the location of the i -th charge. If we assume that the magnetic charges are distributed in a space with density ρ , then expression (1) can be conveniently written as

$$U = 0.5 \iiint \rho \hat{\Phi} dV, \quad (2)$$

where V is a volume of a magnetic material.

We rewrite expression (2) in accordance with the known recommendations [4]:

$$U = -0.5 \iiint_V \vec{J}_S \vec{H}_m dV. \quad (3)$$

It can be seen that for a space filled with a magnetic material with magnetization J_S , the magnetostatic interaction of individual volume elements inside a magnetized solid leads to the presence of the magnetostatic energy of this solid. And the value of the extraneous field H_m leads to the formation of spontaneous magnetization regions, that is, to the formation of a domain structure. Thus, when modeling the magnetic field produced by a toroidal magnetic core with the Mobius topology, we shall assume that the magnetization processes and magnetization reversal processes are determined by the properties of the domain structure. For the estimation of the influence of an nonoriented surface on the propagation of a magnetic field in its volume, we take that the anisotropy energy and exchange interactions energy are negligibly small. We also neglect the domain-wall thickness. Taking into account the simplifications made, we assume that in the design model the magnetic circuit (Fig. 1, pos. 1) is made of a ferromagnetic material in the form of a torus with a Mobius surface and a local arrangement of the magnetization coil (Fig. 1, pos. 2).

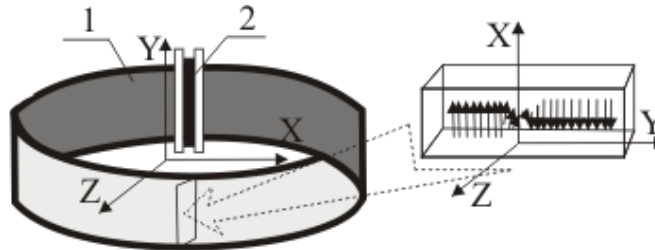


Fig. 1 – Model of the magnetic circuit

It is known that ferrimagnetic solids consist of regions of spontaneous magnetization, which magnetization vectors direct in different directions. Moreover, the system will have a minimum of energy if the regions will magnetically antiparallel. However, if the ferromagnetic solid is placed in an external magnetic field during the power connection to the magnetization coil, than the magnetization vectors become parallel under the action of this field [5]. So as a working hypothesis, we assume that when the magnetic field propagates in a magnetic circuit, the magnetization vectors direct in one direction and "mechanically" change their direction as the "Mobius spin zone" passes.

Let us carry out an experimental test of the hypothesis of the influence of the Möbius topology on the propagation of a magnetic field in a magnetic guide. We do this on the simulation samples. We estimate the effect of the topology of the magnetic circuit in the frequency range 50-15000 Hz, relying on the well-known method [6-9]. Determination of the comparative characteristics of electromagnetic properties is carried out according to the substitution scheme (fig. 2).

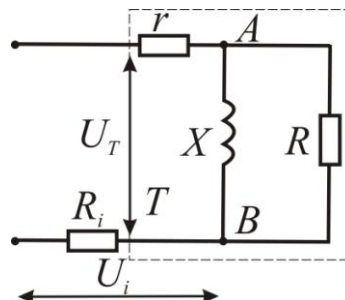


Fig. 2 – Design electric scheme of the experiment

In the approximation of the design scheme we have

$$L = \frac{(\frac{U_T}{U_i} R_i)^2 - 2(\frac{U_T}{U_i} R_i)kr + r^2}{2\pi f(\frac{U_T}{U_i} R_i)\sqrt{1-R^2}}, \quad R = \frac{(\frac{U_T}{U_i} R_i)^2 - 2(\frac{U_T}{U_i} R_i)kr + r^2}{(\frac{U_T}{U_i} R_i)k-r} \quad (1)$$

where L , R are inductive and active components of the magnetization coil with a core of various topological form (fig. 2); U_i is a voltage on the instrument resistor $R_i = 1 \hat{H}$, which is numerically equal to the current through a magnetizing coil; U_T is an effective value of voltage on the coil; r is an active resistance of the magnetizing winding of the coin; $k = \cos(2\pi f\tau)$ is a power factor of the coil, that depends on the frequency f and the phase shift τ .

$$\Delta R = \frac{R^{\hat{E}} - R^M}{R^{\hat{E}}} \times 100\%, \quad \Delta L = \frac{L^{\hat{E}} - L^M}{L^{\hat{E}}} \times 100\% \quad (2)$$

where ΔL , ΔR are the change in the inductive and active components of the magnetization coil with a core of various topological shapes; R_K , R_M is an active component of resistance in coil loss, L_K , L_M is an inductive component of resistance in coil loss, index K means the control sample of standard execution, as at usual cores; index M means an experimental sample with a Mobius topology. (see. fig. 2).

The magnitude of the relative change in the induction of saturation of the toroidal core with the Mobius topology in comparison with the induction of saturation of the control core is conveniently estimated as:

$$\beta = B_{\max}^i - B_{\max}^{\hat{e}} / B_{\max}^{\hat{e}} \times 100\% \quad (3)$$

where B_{\max}^i is a saturation induction of the Mobius core, $B_{\max}^{\hat{e}}$ is a saturation induction of the control core.

The magnitude of the relative change in residual induction depends on the amplitude of the magnetizing current and in the range of the initial section of the main magnetization curve can be determined from expression:

$$\theta = B_R^i - B_R^{\hat{e}} / B_R^{\hat{e}} \times 100\% \quad (4)$$

where B_R^i is a residual magnetic induction of the Mobius core.

Similarly, the magnitude of the relative change in coercive force and magnetic permeability can be determined as:

$$\chi = H_C^i - H_C^{\hat{e}} / H_C^{\hat{e}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\alpha = \mu^i - \mu^{\hat{e}} / \mu^{\hat{e}} \times 100\% \quad (6)$$

where H_C^i is a coercive force of the Mobius core, $H_C^{\hat{e}}$ is a coercive force of the control core, μ^i is a relative permeability of the Mobius core, $\mu^{\hat{e}}$ is a relative permeability of the control core.

Results

The results of the research of the influence of the topology of the magnetic circuit on the change in the active and inductive component of the loss level are shown in Fig. 3.

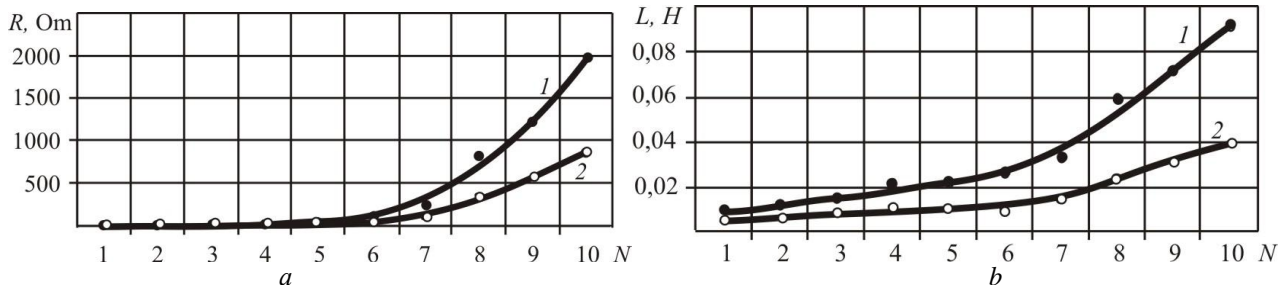


Fig. 3 - Dependence of the change in the active (a) and inductive (b) components of the resistance of the reference magnet coil at $I = 0.005$ A.

I – a sample series A; 2 – a sample series B; N – the frequency equal to: 1 – 50 Hz, 2 – 100 Hz, 3 – 250 Hz, 4 – 500 Hz, 5 – 1 kHz, 6 – 2.5 kHz, 7 – 5 kHz, 8 – 10 kHz, 9 – 12 kHz, 10 – 15 kHz

It can be seen that for equal parameters of the coils of samples A and B, the ohmic loss resistance increases approximately two times more over the entire frequency range, which is not related to the change in the volume of the magnetic circuit. The magnitude of the magnetic circuit in the samples of series A and B differs by not more than 1.25% and amounts to 24.8×103 mm³ and 25.1×103 mm³, respectively. The magnitude of the magnetic circuit in the samples of series A and B differs by no more than 1.25% and is 24.8×103 mm³ and 25.1×103 mm³, respectively. Thus, it can be assumed that a change in the loss

level shows the test-sensitivity to propagate the magnetic field in the magnetic circuit. It is also clear that as the frequency increases, the levels of ohmic and reactive losses in the magnetic circuit increase.

Let us consider the influence of the topology of the magnetic circuit on the change in the active and inductive component of the loss level (Fig. 4). In samples of the A series in the Mobius design, the difference in the relative loss level compared to the base version of the same series reduces to 2 times. In particular, for a frequency of 500 Hz in a series A sample, the active series resistance differs from the base version by 4%, and for the same frequency in the B series sample the relative difference reaches 8%. Similar changes are observed for the reactive resistance. Thus, the measurement results showed the sensitivity of the change in the series resistance to the change in topology in samples of series A and B. Note that a significant difference in the change in the level of losses is achieved only at the initial stage of magnetization (current strength is 0-0.01 A) and with a further increase in the magnetomotive force, the difference caused by the change in the topology of the magnetic circuit is leveled. The results of measurements also show that, when the magnetomotive force is changed, the spin of the magnetic circuit has an ambiguous effect on the magnitude of the relative change in the level of ohmic and reactive losses.

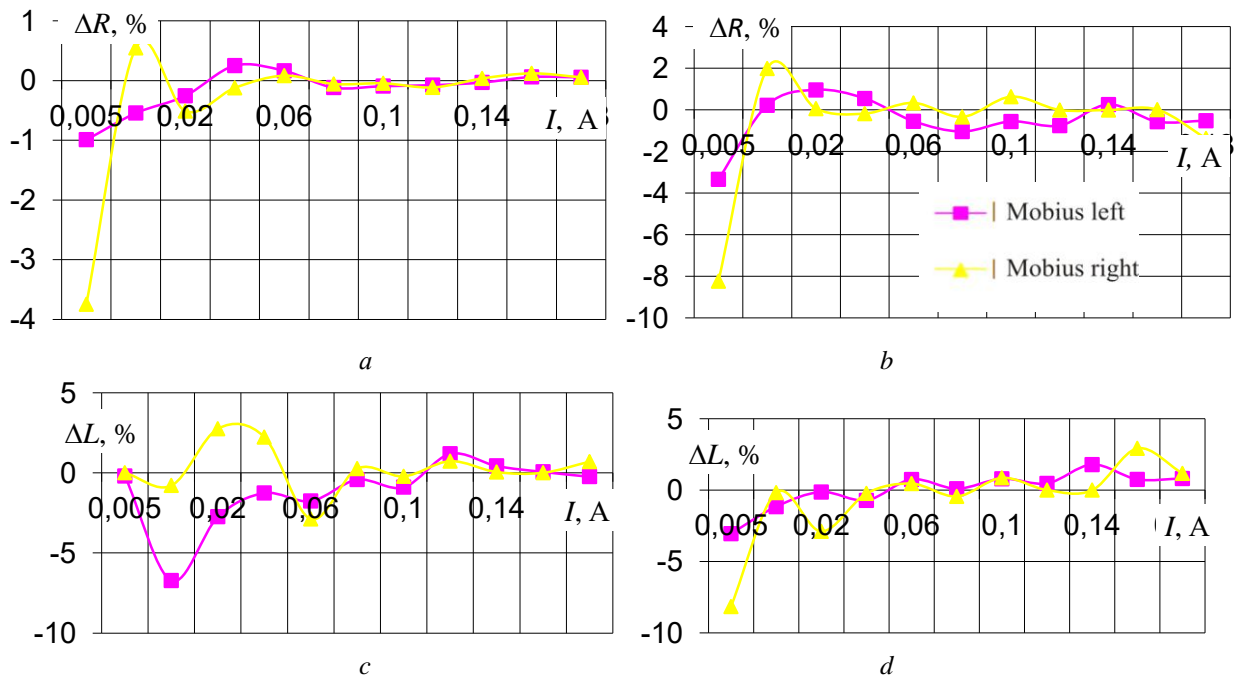


Fig. 4 – Dependence of the change in the active (a, b) and inductive (c, d) components of the resistance of the magnetizing coil at $f=500$ Hz: a, b – a sample series A; c, d – a sample series B.

For example, for series B (see Figure 4, d), the relative difference in the ohmic losses in the base and Mobius magnetic cores for the right spin varies from -8% to +2% (see Fig. 4d). Similarly, for samples of the A series, the relative difference in the ohmic losses in the base and mebiu magnetic cores for the left spin varies from -4% to +0.5% at a frequency of 500 Hz. It shows the relationship with the processes of magnetic flux propagation in the magnetic circuit.

In the Fig. 5 the results of plotting the magnetization curve are given in coordinates $U_X(H_{max})$ и $U_Y(B_{max})$. It can be seen that measurements of the magnetizing coil current in the range of 50-200 mA ensure that measurements are made in all ranges of operation of the ferromagnetic magnetic core from the initial magnetization section to the saturation mode. This confirms the adequacy of the performed calculations of the parameters of the magnetization coil.

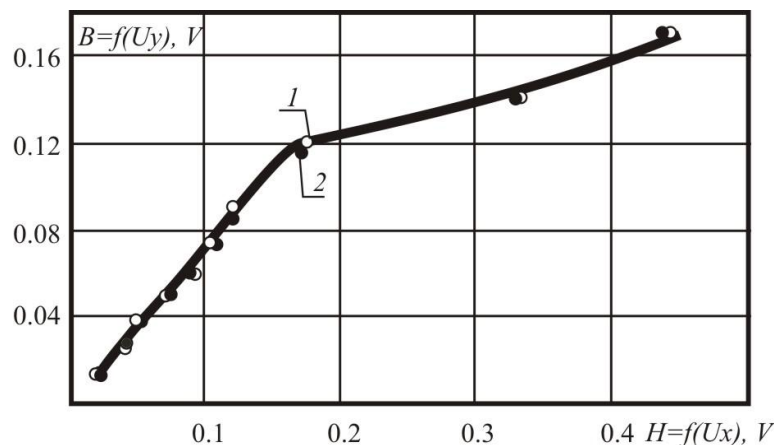


Fig. 5 – Magnetization curve:
1 – are samples of series A; 2 – are samples of the B series

The results of comparative studies of the influence of the Mobius topology on the magnetic properties of magnetically soft ferromagnets in a closed magnetic circuit with different topologies, which were calculated from formulas 3-6, are shown in Fig. 6-8. It can be seen that with other equal parameters of samples A and B, the change in the topology of the magnetic circuit is accompanied by the largest changes in the residual induction (see Figure 6) when working in the region of initial magnetization. In this case, an increase in the axial moment of inertia of the section of the magnetic circuit while maintaining the volume of the magnetic circuit, that is, an increase in the base of the rectangular section (see Figure 2) and a decrease in its height while maintaining the cross-section area of the yoke of the magnetic circuit, leads to a decrease in the absolute values of the "spin effect" a or B -series sample up to 3.5% for a series A.

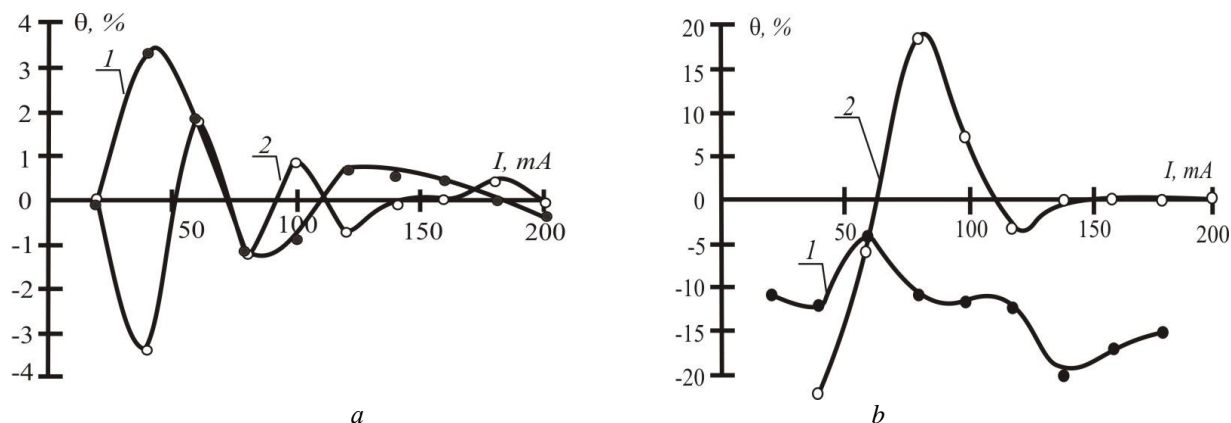


Fig. 6 – The dependence of the change in residual induction between the control and Mobius samples: a - is a sample of the A series; b - is a sample of the B series; 1 - the left spin; 2 - the right spin

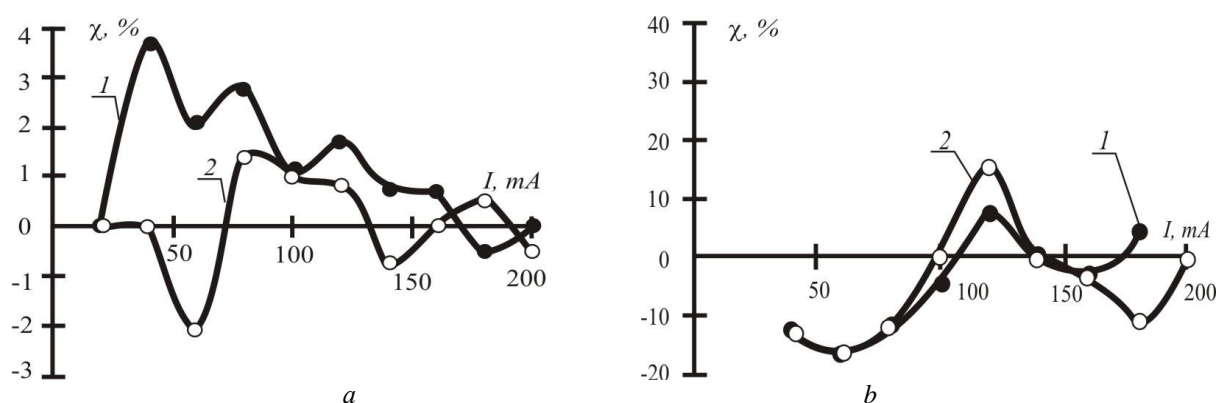


Fig. 7 – The dependence of the variation of the coercive force between the control and the Mobius samples: a - is a sample of the A series; b - is a sample of the B series; 1 - the left spin; 2 - the right spin

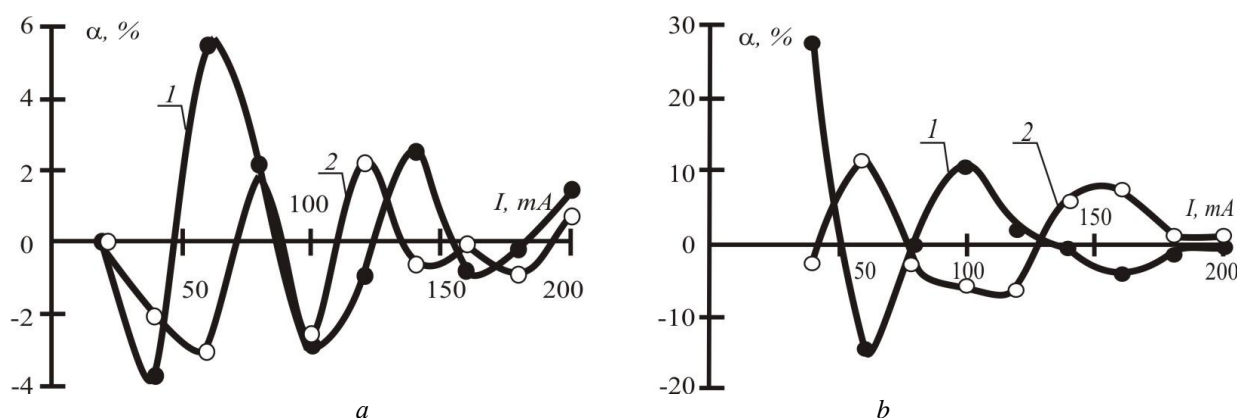


Fig. 8 – The dependence of the variation of the magnetic conductivity between the control and the Mobius samples: a - is a sample of the A series; b - is a sample of the B series; 1 - the left spin; 2 - the right spin

Thus, we can assume that the implementation of a magnetic circuit by a set of sheets of ferromagnetic material also does not lead to a significant increase in the coercive force of ferromagnetic toroids, as claimed by several authors [10], [11], [12]. It was confirmed by the results of the experiment (see Figure 7), which showed changes in the coercive force to 3.6% when working in the area of initial magnetization for samples of the A series, and an increase of up to 20% for the B series samples.

The results of the change in the magnetic permeability are shown in the Fig. 8. It can be seen that the dependences corresponding to the Mobius magnetic cores with right and left spins show symmetrical "mirror" deviations from the values of the magnetic permeability from the corresponding values of the control core for both sample sizes A and B. The magnetic permeability varies depending on the direction of twisting of the magnetic circuit, that is, the spin, and reaches 6% for the left

and -4% for the right spins for the A-series samples and increases to 26% and 12% for the B-series samples, respectively. It is important to note that with a change in the current through the winding, the local maxima are displaced both in the magnetic cores with the left and right spins. And in all cases, a decrease in the level of losses associated with a change in the cross section of the magnetic circuit in series A leads to a decrease in the absolute values of the "spin effect".

Discussion

It is known that the active resistance should not vary significantly with the frequency change [13]. However, the obtained dependences (Fig. 4) qualitatively correspond to known experimental data [8],[9]. This shows that in the used equivalent circuit (see Fig. 2) the calculation formula (2) does not take into account the interturn capacitance of the winding. The purpose of the experiment is a relative comparison of the properties of magnetic circuits with different topologies. Therefore, the revealed problem of verification of the design scheme does not reduce the value of the experimental data shown on the graphs, and the qualitative correspondence of the behavior of the curves (see Fig. 3) of all the series of samples studied shows the reliability of the results.

The results of the investigations showed that an increase in the magnetomotive force, as well as the axial moment of inertia of the cross section of the magnetic circuit (i.e. an increase in the base of a rectangular section and a decrease in its height while maintaining the yoke cross-sectional area and the volume of the magnetic circuit) is accompanied by a decrease in the influence of the Möbius topology. The obtained results of complex studies of the physical and technical foundations of the influence of changes in the topology of the toroidal magnetic core confirm the hypothesis put forward by us: it says that the magnetization and magnetization reversal processes are determined by the properties of the domain structure as a set of regions in the magnetic subsystem of magnetic materials that connect the microscopic magnetic characteristics with their macroscopic properties and depend on the "mechanical" change in the orientation of the domains in the investigated area. Indirectly it confirms the fact that the values of the coercive force (see Fig. 7), which are an analog of the level of losses due to hysteresis and residual induction during the changing the topology of the "mirror" deviations, do not show what the vector character of the magnetic permeability can mean, that is, do not show the dependence its magnitude from the direction of spatial twist of the vector of magnetic induction in the core [14], [15]. Thus, an analysis of the magnetic properties of the magnetic circuit shows that the observed effects depend on the magnitude of the magnetic induction. It allows us to assume the admissibility of the hypothesis of the possibility of a "mechanical" measurement of the orientation of the domain structure of the magnetic circuit with a change in its topology when operating in the initial section of the main magnetization curve.

Conclusion

An experimental study on simulator samples was carried out in the work, and also a comparative analysis of the influence of the Möbius topology on the propagation of a magnetic field in a magnetic circuit was made. The revealed effects show that the Möbius transformation of the magnetic circuit as a composition of a finite number of inversions allows us to consider a variety of applications. Based on the current belief that the myocardium of the heart has the Möbius topology, we can assume that for each time point of the cardiocycle the result of recording the magnetic fields reflects the functional status of the myocardium from the point of view of the correspondence of the topology of the examined myocardium and the Möbius topology. Our studies confirmed the hypothesis of the influence of the Möbius topology on the propagation of a magnetic field in a magnetic circuit. It allows us to do a conclusion about the high informativeness of recording the magnetic field strength and the possibility of using it for the purposes of diagnosis and prediction of the development of pathologies in the cardiovascular system.

Список литературы / References

1. Арутюнов Ю.А. Влияние топологии Мебиуса на распространение в магнитопроводе магнитного поля [Электронный ресурс] / Ю.А. Арутюнов, И.Н. Возовиков, Е.А. Чашин, Л.И. Шеманаева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5; URL: <http://www.science-education.ru/128-22137> (дата обращения: 13.10.2015).
2. Арутюнов Ю.А. Влияние топологии магнитопровода на приведенные характеристики магнитомягких ферромагнетиков [Электронный ресурс] / Ю.А. Арутюнов, И.Н. Возовиков, Ю.В. Молокин, Е.А. Чашин, Л.И.Шеманаева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2; URL: www.science-education.ru/129-23144 (дата обращения: 26.11.2015).
3. Альфорс Л. Преобразования Мебиуса в многомерном пространстве: Пер. с англ.-М.: Мир, 1986.-112 с.
4. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и их применения. - М.: Мир, 1987. - 420 с.
5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. - М.: Высшая школа, 1964. - 750 с.
6. Арутюнов Ю.А. Влияние топологии магнитопровода на отклик при внешнем электромагнитном воздействии / Ю.А. Арутюнов, А.А. Дробязко, А.И. Крылов, Е.А. Чашин, П.А. Шашок, И.В. Шилов // Современные наукоемкие технологии.- 2016.- №10. -С. 29-32.
7. Арутюнов Ю.А. Сравнительный анализ влияния топологии магнитопровода на отклик при внешнем электромагнитном воздействии для магнитопровода с различными геометрическими параметрами [Электронный ресурс] / Ю.А. Арутюнов, А.А. Дробязко, А.И. Крылов, Е.А. Чашин, П.А. Шашок, А.А. Митрофанов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ».- 2017.- Том 9.- №1 <http://naukovedenie.ru/PDF/23TVN117.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
8. Арутюнов Ю.А. Влияние топологии Мебиуса на магнитные свойства магнито-мягких ферромагнетиков в замкнутой магнитной цепи [Электронный ресурс] / Ю.А. Арутюнов, Н.П. Бадалян, А.А. Дробязко, Е.А. Чашин, П.А. Шашок // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ».-2017.- Том 9.- №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/53TVN117.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
9. Арутюнов Ю.А. Влияние топологии листа Мебиуса на магнитные характеристики поля вне магнитопровода / Ю.А. Арутюнов, И.Н. Возовиков, А.А. Митрофанов, Е.А. Чашин, Л.И. Шеманаева, С.Н. Живаев // Современные наукоемкие технологии.- 2016.- №7.- С. 9-14.
10. Евстигнеев Н.М. Некоторые соотношения на проводнике в виде листа Мебиуса /Н.М. Евстигнеев, О.И. Рябков, И.М. Шахпаронов, С.И. Лавров // Естественные и технические науки. – 2011.- №6.- С. 50-58.

11. Меньших О.Ф. Способ косокругового намагничивания ферромагнитного тороида, Патент РФ №2391730, опубл. в бюлл. №16 от 10.06.2010.
12. Меньших О.Ф. Способ получения энергии и устройство для его реализации, Патент РФ №2332778, опубл. в бюлл. №24 от 17.08.2008.
13. Налимов В.В. Теория эксперимента.- М.: наука, 1971. – 208 с.
14. Вонсовский С.В. Магнетизм. Магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро-, и ферриманетиков. - М.: Наука, 1971. - 805 с.
15. Harrison R. G. Variable-domain-size theory of spin ferromagnetism // IEEE Trans. Magn. 2004. Vol. 40. № 3. P. 1506-1515.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Arutyunov Yu.A. Vliyanie topologii Mebiusa na rasprostranenie v magnitoprovode magnitnogo polya [Influence of Möbius topology for distribution in magnetic circuit of a magnetic field] [Electronic resource] / Yu.A. Arutyunov, I.N.Vozovikov, Ye. A. Chaschin, L.I. Shemanaeva // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. – 2015. – № 5; URL: <http://www.science-education.ru/128-22137> (data obrashcheniya: 13.10.2015). [in Russian]
2. Arutyunov Yu.A. Vliyanie topologii magnitoprovoda na privedennye kharakteristiki magnitomyagkikh ferromagnetikov [The influence of the topology of the magnetic circuit on the characteristics of the soft magnetic ferromagnets] [Electronic resource] / Yu.A. Arutyunov, I.N. Vozovikov, Yu.V. Molokin, Ye. A Chaschin, L.I. Shemanaeva // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. – 2015. – № 2; URL: www.science-education.ru/129-23144 (data obrashcheniya: 26.11.2015). [in Russian]
3. Ahlfors L. Preobrazovaniya Mebiusa v mnogomernom prostranstve: Per. s angl [Mobius transformations in several dimensions]. -M.: Mir, 1986.-112 p. [in Russian]
4. Tikadumi S. Fizika ferromagnetizma. Magnitnye kharakteristiki i ikh primeneniya [Physics of ferromagnetism. Magnetic characteristics and their applications]. - M.: Mir, 1987. - 420 p. [in Russian]
5. Bessonov L.A. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki [Theoretical foundations of electrical engineering]. - M.: Vysshaya shkola, 1964. - 750 p. [in Russian]
6. Arutyunov Yu.A. Vliyanie topologii magnitoprovoda na otklik pri vneshnem elektromagnitnom vozdeystviy / Yu.A. Arutyunov, A.A. Drobyazko, A.I. Krylov, Ye. A. Chaschin, P.A. Shashok, I.V. Shilov // Sovremennye naukoemkie tekhnologii [Modern high technologies].- 2016.- №10.- P. 29-32. [in Russian]
7. Arutyunov Yu.A. Sravnitel'nyy analiz vliyaniya topologii magnitoprovoda na otklik pri vneshnem elektromagnitnom vozdeystviy dlya magnitoprovoda s razlichnymi geometricheskimi parametrami [Comparative analysis of the impact of topology on magnetic response when an external electromagnetic action to the magnetic circuit with different geometric parameters] [Electronic resource] / Yu.A. Arutyunov, A.A. Drobyazko, A.I. Krylov, Ye. A. Chaschin, P.A. Shashok, A.A. Mitrofanov // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» [Internet journal "Scientometrics"]. – 2017.- Vol. 9.- №1 [http: // naukovedenie.ru/PDF/23TVN117.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/23TVN117.pdf) (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. [in Russian]
8. Arutyunov Yu.A. Vliyanie topologii Mebiusa na magnitnye svoystva magnito-myagkikh ferromagnetikov v zamknutoy magnitnoy tsepi [The influence of the mobius topology on the magnetic properties of magnetically soft ferromagnetic materials in a closed magnetic circuit] [Electronic resource] / Yu.A. Arutyunov, N.P. Badalyan, A.A. Drobyazko, Ye. A. Chaschin, P.A. Shashok // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» [Internet journal "Scientometrics"]. – 2017.- Vol. 9.- №1 [http: // naukovedenie.ru/PDF/53TVN117.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/53TVN117.pdf) (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. [in Russian]
9. Arutyunov Yu.A. Vliyanie topologii lista Mebiusa na magnitnye kharakteristiki polya vne magnitoprovoda [The effect of topology of the mobius strip on the magnetic characteristics of the field outside the magnetic circuit] / Yu.A. Arutyunov, I.N. Vozovikov, A.A. Mitrofanov, Ye. A. Chaschin, L.I.Shemanaeva, S.N. Zhivaev // Sovremennye naukoemkie tekhnologii [Modern high technologies].- 2016.- №7, P. 9-14. [in Russian]
10. Evstigneev N.M. Nekotorye sootnosheniya na provodnike v vide lista Mebiusa [Some of the ratio on the conductor in the form of a Mobius strip] / N.M. Evstigneev, O.I. Ryabkov, I.M. Shakhparonov, S.I. Lavrov // Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and technical Sciences].- 2011.- №9.- P. 50-58. [in Russian]
11. Men'shikh O.F. Spособ kosokrugovogo namagnichivaniya ferromagnitnogo toroida [Method kosorukova of magnetization of the ferromagnetic toroid], Patent RF №2391730, opubl. v byull. №16 ot 10.06.2010. [in Russian]
12. Men'shikh O.F. Spособ polucheniya energii i ustroystvo dlya ego realizatsii [The method of obtaining energy and device for its implementation] , Patent RF №2332778, opubl. v byull. №24 ot 17.08.2008. [in Russian]
13. Nalimov V.V. Teoriya eksperimenta [The theory of the experiment].- M.: Nauka, 1971. – 208 p. [in Russian]
14. Vonsovskiy S.V. Magnetizm. Magnitnye svoystva dia-, para-, ferro-, antiferro-, i ferrimagnetikov [Magnetism. Magnetic properties of dia-, para-, ferro-, antiferro-, and ferrimagnetic materials]. - M.: Nauka, 1971. - 805 p. [in Russian]
15. Harrison R. G. Variable-domain-size theory of spin ferromagnetism // IEEE Trans. Magn. 2004. Vol. 40. № 3. P. 1506-1515.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.141>Беленко М.В.¹, Балакшин П.В.²¹Студент, Университет ИТМО,²кандидат технических наук, ассистент, Университет ИТМО**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ С ОТКРЫТЫМ КОДОМ****Аннотация**

В статье проведен сравнительный анализ наиболее распространенных систем автоматического распознавания речи с открытым исходным кодом. При сравнении использовались множество критериев, включая структуры систем, языки программирования при реализации, наличие подробной документации, поддерживаемые языки распознавания, ограничения накладываемые лицензией. Также были проведены эксперименты на нескольких речевых корпусах для определения скорости и точности распознавания. В результате для каждой из рассмотренных систем были выработаны рекомендации по применению с дополнительным указанием сферы деятельности.

Ключевые слова: распознавание речи, метрика, Word Recognition Rate (WRR), Word Error Rate (WER), Speed Factor (SF), открытый код.

Belenko M.V.¹, Balakshin P.V.²¹Student, ITMO University,²PhD in Engineering, assistant, ITMO University**COMPARATIVE ANALYSIS OF SPEECH RECOGNITION SYSTEMS WITH OPEN CODE****Abstract**

The paper provides the comparison of the most common automatic speech recognition systems with open source code. Many criteria were used at comparison, including system structures, programming languages of implementation, detailed documentation, supported recognition languages, and restrictions imposed by the license. Also, there were conducted the experiments on the several speech bases for determination of speed and accuracy of the recognition. As a result, the recommendations were given for application with additional indication of the scope of activity for each of the systems examined.

Keywords: speech recognition, metric, Word Recognition Rate (WRR), Word Error Rate (WER), Speed Factor (SF), open source code.

Системы распознавания речи (англ. Automatic Speech Recognition Systems) в основном используются для моделирования привычного для человека общения с машиной, например, для голосового управления программами. В настоящее время распознавание речевых сигналов применяется в широком спектре систем – от приложений на смартфонах до систем “Умный дом” [16]. Дополнительным подтверждением актуальности данной области является множество научно-исследовательских центров и центров разработки по всему миру. Однако подавляющее большинство работающих систем являются проприетарными продуктами, т.е. пользователь или потенциальный разработчик не имеет доступа к их исходному коду. Это негативно сказывается на возможности интеграции систем распознавания речи в проекты с открытым кодом. Также не существует какого либо централизованного источника данных, описывающего положительные и отрицательные стороны систем распознавания речи с открытым кодом. В результате возникает проблема выбора оптимальной системы распознавания речи для решения поставленной задачи.

Целью исследования является выработка рекомендаций по применению систем распознавания речи с открытым исходным кодом для уменьшения затрат при выборе системы для коммерческой или научно-исследовательской деятельности.

В рамках работы были рассмотрены шесть систем с открытым исходным кодом: CMU Sphinx, HTK, iAtros, Julius, Kaldi и RWTH ASR. Выбор основан на частоте упоминания в современных научно-исследовательских журналах, существующими разработками последних лет и популярности у индивидуальных разработчиков программного обеспечения [2], [3], [6-8], [10], [11], [13], [14]. Выбранные системы сравнивались по таким показателям, как точность и скорость распознавания, удобство использования и внутренняя структура.

По точности системы сравнивались по наиболее распространенным метрикам [17]: Word Recognition Rate (WRR), Word Error Rate (WER), которые вычисляются по следующим формулам:

$$WER = \frac{S + I + D}{T}$$

$$WRR = 1 - WER$$

где S – число операций замены слов, I – число операций вставки слов, D – число операций удаления слов из распознанной фразы для получения исходной фразы, а T – число слов в исходной фразе и измеряется в процентах. По скорости распознавания сравнение было проведено с использованием Real Time Factor – показателя отношения времени распознавания к длительности распознаваемого сигнала, также известного как Speed Factor (SF). Данный показатель можно рассчитать используя формулу:

$$SF = \frac{T_{расп}}{T}$$

где T_{расп} – время распознавания сигнала, T – его длительность и измеряется в долях от реального времени.

Все системы были обучены с применением речевого корпуса WSJ1 (Wall Street Journal 1), содержащего около 160 часов тренировочных данных и 10 часов тестовых данных, представляющих собой отрывки из газеты Wall Street Journal. Данный речевой корпус включает в себя записи дикторов обоих полов на английском языке.

После проведения эксперимента и обработки результатов была получена следующая таблица (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты сравнения по точности и скорости

Система	WER, %	WRR, %	SF
HTK	19,8	80,2	1.4
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	21.4/22.7	78.6/77.3	0.5/1
Kaldi	6.5	93.5	0.6
Julius	23.1	76.9	1.3
iAtros	16.1	83.9	2.1
RWTH ASR	15.5	84.5	3.8

Точность и корректность исследования подтверждается тем, что полученные результаты схожи с результатами, полученными при тестировании данных систем на других речевых корпусах, таких как Verbmobil 1, Quaero, EPPS [2], [4], [9].

В качестве критериев сравнения структур были выбраны язык реализации системы, алгоритмы, используемые при распознавании, форматы входных и выходных данных и непосредственно внутренняя структура программной реализации системы.

Процесс распознавания речи в общем виде можно представить в виде следующих этапов [15]:

1. Извлечение акустических признаков из входного сигнала.
2. Акустическое моделирование.
3. Языковое моделирование.
4. Декодирование.

Подходы, алгоритмы и структуры данных, используемые рассматриваемыми системами распознавания речи на каждом из перечисленных этапов представлены в таблицах (табл. 2, 3).

Таблица 2 – Результаты сравнения алгоритмов

Система	Извлечение признаков	Акустическое моделирование	Языковое моделирование	Распознавание
HTK	MFCC	HMM	N-gramm	Алгоритм Витерби
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	MFCC, PLP	HMM	N-gramm, FST	Алгоритм Витерби, алгоритм bushderby
Kaldi	MFCC, PLP	HMM, GMM, SGMM, DNN	FST, есть конвертер N-gramm->FST	Двухпроходной алгоритм прямого-обратного хода
Julius	MFCC, PLP	HMM	N-gramm, Rule-based	Алгоритм Витерби
iAtros	MFCC	HMM, GMM	N-gramm, FST	Алгоритм Витерби
RWTH ASR	MFCC, PLP, voicedness	HMM, GMM	N-gramm, WFST	Алгоритм Витерби

Таблица 3 – Языки реализации систем и их структура

Система	Язык	Структура
HTK	C	Модульная, в виде утилит
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	C/Java	Модульная
Kaldi	C++	Модульная
Julius	C	Модульная
iAtros	C	Модульная
RWTH ASR	C++	Модульная

С точки зрения удобства использования рассматривались такие показатели как подробность документации, поддержка различных программных и аппаратных сред выполнения, лицензионные ограничения, поддержка множества естественных языков распознавания, характеристики интерфейса. Результаты представлены в следующих таблицах (табл. 4, 5, 6, 7, 8).

Таблица 4 – Наличие документации

Система	Документация
HTK	HTK Book – исчерпывающая информация
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	Подробная онлайн документация
Kaldi	Подробная онлайн документация
Julius	Julius Book – аналогично HTK Book
iAtros	Отсутствие документации
RWTH ASR	Неподробная документация

Таблица 5 – Поддержка различных операционных систем

Система	Поддерживаемые ОС
HTK	Linux, Solaris, HP/UX, IRIX, Mac OS, FreeBSD, Windows
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	Linux, Mac OS, Windows, Android
Kaldi	Linux, Windows, FreeBSD
Julius	Linux, Windows, FreeBSD, Mac OS
iAtros	Linux
RWTH ASR	Linux, Mac OS

Таблица 6 – Интерфейсы систем

Система	Интерфейс
HTK	Консольный, API
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	Консольный, API
Kaldi	Консольный
Julius	Консольный, API
iAtros	Консольный
RWTH ASR	Консольный

Таблица 7 – Поддерживаемые языки распознавания

Система	Языки
HTK	Английский
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	Множество языков, в том числе экзотические
Kaldi	Английский
Julius	Японский, Английский
iAtros	Английский, Испанский
RWTH ASR	Английский

Таблица 8 – Лицензии

Система	Лицензия
HTK	HTK
CMU Sphinx (pocketsphinx/sphinx4)	BSD
Kaldi	Apache
Julius	BSD подобная
iAtros	GPLv3
RWTH ASR	RWTH ASR

Проанализировав полученные выше результаты, можно составить характеристику каждой из рассматриваемых систем и выработать рекомендации по их применению.

Kaldi. Данная система показывает лучшую точность распознавания из всех рассматриваемых систем (WER=6.5%) и вторую скорость распознавания (SF=0.6). С точки зрения предоставляемых алгоритмов и структур данных, применяемых для распознавания речи, данная система тоже лидирует, так как предоставляет наибольшее количество современных подходов, применяющихся в сфере распознавания речи, таких как использование нейронных сетей и моделей гауссовых смесей на этапе акустического моделирования и использование конечных автоматов на этапе языкового моделирования. Также она позволяет использовать множество алгоритмов для уменьшения размера акустических признаков сигнала, и, соответственно, увеличивать производительность системы. Kaldi написана на языке программирования C++, что положительно сказывается на скорости работы системы, и имеет модульную структуру, что предоставляет возможность легко производить рефакторинг системы, добавление нового функционала, а также исправлять существующие ошибки. С точки зрения удобства использования Kaldi, также является одной из первых систем. Она предоставляет подробную документацию, но ориентированную на опытных в сфере распознавания речи читателей. Это может негативно сказаться на использовании данной системы новичками в этой области. Она кроссплатформенна, то есть запускается на большинстве современных операционных систем. Kaldi предоставляет только консольный интерфейс, что делает ее интеграцию в сторонние приложения затруднительной. По умолчанию данная система поддерживает только английский язык, распространяется под полностью свободной лицензией Apache, то есть может быть интегрирована в коммерческий продукт без раскрытия его кода. Данная система может с успехом применяться для научно-исследовательской деятельности, так как обеспечивает хорошую точность распознавания, приемлемую скорость распознавания, реализует множество современных методов распознавания речи, имеет множество готовых рецептов, что делает ее простой в использовании и обладает исчерпывающей документацией.

CMU Sphinx. Эта система распознавания речи показывает посредственную точность распознавания ($WER \sim 22\%$) и лучшую скорость распознавания из всех рассмотренных ($SF=0.5$). Нужно заметить, что наибольшая скорость распознавания достигается при использовании декодера `rocketsphinx`, написанного на C, декодер `sphinx4` показывает вполне среднюю скорость работы ($SF=1$). Структурно данная система также использует множество современных подходов к распознаванию речи, включая модифицированный алгоритм Витерби, однако используемых подходов меньше, чем у Kaldi. В частности, на этапе акустического моделирования данная система работает только со скрытыми марковскими моделями. CMU Sphinx включает в себя два декодера – `rocketsphinx`, реализованный на C, и `sphinx4`, реализованный на Java. Это позволяет применять данную систему на множестве платформ, в том числе под управлением операционной системы Android, а также облегчает интеграцию в проекты, написанные на Java. Данная система имеет модульную структуру, что положительно сказывается на возможности быстрого внесения изменений и исправления ошибок. С точки зрения удобства использования CMU Sphinx опережает Kaldi, так как кроме консольного интерфейса предоставляет API, что существенно упрощает процесс встраивания системы в стороннее приложение. Также она обладает подробной документацией, ориентированной, в отличие от Kaldi, на начинающего разработчика, что сильно упрощает процесс знакомства с системой. Также сильной стороной данной системы является поддержка множества языков по умолчанию, то есть наличие языковых и акустических моделей этих языков в свободном доступе. Среди поддерживаемых языков кроме стандартного английского встречаются также русский, казахский и ряд других. CMU Sphinx распространяется под лицензией BSD, что разрешает ее встраивание в коммерческие проекты. Данная система может применяться в коммерческих проектах, так как обладает большинством достоинств Kaldi, хотя и обеспечивает несколько худшую точность распознавания, а также предоставляет API, которое можно использовать для построения сторонних приложений на базе данной системы.

HTK. С точки зрения точности и скорости работы данная система показывает средние результаты из рассмотренных систем ($WER=19.8\%$, $SF=1.4$). HTK предоставляет только классические в сфере распознавания речи алгоритмы и структуры данных. Это связано с тем, что с тем, что выпуск предыдущей версии системы был произведен в 2009 году. В конце декабря 2015 года была выпущена новая версия HTK, однако она не была рассмотрена в данном исследовании. Реализована данная система на языке C, что хорошо отражается на скорости работы, так как C является низкоуровневым языком программирования. По структуре данная система представляет собой набор утилит, вызываемых из командной строки, а также предоставляет API, известное под названием ATK. С точки зрения удобства использования HTK, наравне с Julius, является лидирующей системой из рассмотренных. В качестве документации она предоставляет HTK Book – книгу, описывающую не только аспекты работы HTK, но и общие принципы работы систем распознавания речи. По умолчанию данная система поддерживает только английский язык. Распространяется под лицензией HTK, которая разрешает распространение исходного кода системы. Данную систему можно порекомендовать для использования в образовательной деятельности в сфере распознавания речи. Она реализует большинство классических подходов к решению проблемы распознавания речи, обладает очень подробной документацией, которая также описывает основные принципы распознавания речи в целом, и имеет множество обучающих статей и рецептов.

Julius. Данная система показывает худший показатель точности ($WER=23.1$) и средний показатель скорости распознавания ($SF=1.3$). Этапы акустического и языкового моделирования осуществляются с помощью утилит, входящих в состав HTK, однако декодирование происходит с помощью своего декодера. Он, как и большинство рассмотренных систем, использует алгоритм Витерби. Реализована данная система на языке C, структура реализации является модульной. Система предоставляет консольный интерфейс и API для интеграции в сторонние приложения. Документация, как и в HTK, реализована в форме книги Julius book. По умолчанию Julius поддерживает английский и японский языки. Распространяется под BSD подобной лицензией. Систему Julius можно также порекомендовать для образовательной деятельности, так как она обладает всеми плюсами HTK, и также предоставляет возможность распознавать такой экзотический язык как японский.

iAtros. Данная система показывает хороший результат по точности распознавания ($WER=16.1\%$) и посредственный результат по скорости ($SF=2.1$). Она весьма ограничена в возможностях касательно алгоритмов и структур данных, применяющихся при распознавании речи, однако предоставляет возможность использовать модели гауссовых смесей в качестве состояний скрытой марковской модели на этапе акустического моделирования. Реализована данная система на языке C. Имеет модульную структуру. Кроме функционала распознавания речи содержит в себе также модуль распознавания текста. Это не имеет большого значения для данного исследования, однако является отличительной особенностью данной системы, про которую нельзя не упомянуть. С точки зрения удобства использования iAtros проигрывает всем рассмотренным в ходе исследования системам. Данная система не обладает документацией, не предоставляет API для встраивания в сторонние приложения, из поддерживаемых по умолчанию языков представлены английский и испанский. Является совершенно не кроссплатформенной, так как запускается только под управлением операционных систем семейства Linux. Распространяется под лицензией GPLv3, которая не позволяет встраивать данную систему в коммерческие проекты без раскрытия их исходного кода, что делает ее непригодной для использования в коммерческой деятельности. Система iAtros с успехом может использоваться там, где кроме распознавания речи необходимо еще применение распознавания образов, так как данная система предоставляет такую возможность.

RWTH ASR. По точности распознавания RWTH ASR показывает неплохой результат ($WER=15.5\%$), однако по скорости распознавания является худшей системой из рассмотренных ($SF=3.8$). Данная система так же как и iAtros может использовать модели гауссовых смесей на этапе акустического моделирования. Отличительной чертой является возможность использования характеристики звонкости при извлечении акустических характеристик входного сигнала. Также данная система может использовать взвешенный конечный автомат в качестве языковой модели на этапе языкового моделирования. Данная система реализована на языке C++ и имеет модульную архитектуру. По удобству использования является второй с конца, имеет документацию, описывающую только

процесс установки, чего явно недостаточно для начала работы с системой. Предоставляет только консольный интерфейс, по умолчанию поддерживает только английский язык. Система недостаточно кроссплатформенна, так как не может работать под управлением операционной системы Windows, которая сильно распространена в настоящее время. Распространяется под лицензией RWTH ASR, по которой код системы предоставляется только для некоммерческого использования, что делает данную систему непригодной для интеграции в коммерческие проекты. Данная система может применяться для решения задач, где важна точность распознавания, но не важно время. Также стоит заметить, что она совершенно непригодна для какой-либо коммерческой деятельности из-за ограничений, накладываемых лицензией.

Список литературы / References

1. CMU Sphinx Wiki [Электронный ресурс]. – URL: <http://cmusphinx.sourceforge.net/wiki/> (дата обращения: 09.01.2017)
2. Gaida C. Comparing open-source speech recognition toolkits [Электронный ресурс]. / C. Gaida et al. // Technical Report of the Project OASIS. – URL: <http://suendermann.com/su/pdf/oasis2014.pdf> (дата обращения: 12.02.2017)
3. El Moubtahij H. Using features of local densities, statistics and HMM toolkit (HTK) for offline Arabic handwriting text recognition / H. El Moubtahij, A. Halli, K. Satori // Journal of Electrical Systems and Information Technology – 2016. – V. 3. №3. – P. 99-110.
4. Jha M. Improved unsupervised speech recognition system using MLLR speaker adaptation and confidence measurement / M. Jha et al. // V Jornadas en Tecnologías del Habla (VJTH'2008) – 2008. – P. 255-258.
5. Kaldi [Электронный ресурс]. – URL: <http://kaldi-asr.org/doc> (дата обращения: 19.12.2016)
6. Luján-Mares M. iATROS: A SPEECH AND HANDWRITING RECOGNITION SYSTEM / M. Luján-Mares, V. Tamarit, V. Alabau et al. // V Jornadas en Tecnología del Habla – 2008. – P. 75-58.
7. El Amrania M.Y. Building CMU Sphinx language model for the Holy Quran using simplified Arabic phonemes / M.Y. El Amrania, M.M. Hafizur Rahmanb, M.R. Wahiddinb, A. Shahb // Egyptian Informatics Journal – 2016. – V. 17. №3. – P. 305–314.
8. Ogata K. Analysis of articulatory timing based on a superposition model for VCV sequences / K. Ogata, K. Nakashima // Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics – 2014. – January ed. – P. 3720-3725.
9. Sundermeyer M. The rwth 2010 quaero asr evaluation system for english, french, and german / M. Sundermeyer et al. // Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) – 2011. – P. 2212-2215.
10. Алимуратов А.К. Адаптивный метод повышения эффективности голосового управления / А.К. Алимуратов, П.П. Чураков // Труды Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии» – 2016. – С. 196-200.
11. Бакаленко В.С. Интеллектуализация ввода-вывода кода программы с помощью речевых технологий: дис. ... магистра техники и технологии. – ДонНТУ, Донецк, 2016.
12. Балакшин П.В. Алгоритмические и программные средства распознавания речи на основе скрытых марковских моделей для телефонных служб поддержки клиентов: дис. ... канд. техн. наук : 05.13.11 : защищена 10.12.2015 : утв. 08.06.2016 / Балакшин Павел Валерьевич. – СПб.: Университет ИТМО, 2014. – 127 с.
13. Балакшин П.В. Функция плотности длительности состояний СММ. преимущества и недостатки / П.В. Балакшин // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 1. – С. 36-39. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4574> (дата обращения: 13.11.2016).
14. Беленко М.В. Сравнительный анализ систем распознавания речи с открытым КОДОМ / М.В. Беленко // Сборник трудов V Всероссийского конгресса молодых ученых. Т. 2. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – С. 45-49.
15. Гусев М.Н. Система распознавания речи: основные модели и алгоритмы / М.Н. Гусев, В.М. Дегтярев. – СПб.: Знак, 2013. – 128 с.
16. Карпов А.А. Многомодальные ассистивные системы для интеллектуального жилого пространства / А.А. Карпов, Л. Акарун, А.Л. Ронжин // Труды СПИИРАН. – 2011. – Т. 19. – №. 0. – С. 48-64.
17. Карпов А.А. Методология оценивания работы систем автоматического распознавания речи / А.А. Карпов, И.С. Кипяткова // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2012. – Т. 55. – №. 11. – С. 38-43.
18. Тампель И.Б. Автоматическое распознавание речи – основные этапы за 50 лет / И.Б. Тампель // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15. – № 6. – С. 957–968.

Список литературы на английском / References in English

1. CMU Sphinx Wiki [Electronic resource]. – URL: <http://cmusphinx.sourceforge.net/wiki/> (accessed: 09.01.2017).
2. Gaida C. Comparing open-source speech recognition toolkits [Electronic resource]. / C. Gaida et al. // Technical Report of the Project OASIS. – URL: <http://suendermann.com/su/pdf/oasis2014.pdf> (accessed: 12.02.2017)
3. El Moubtahij, H. Using features of local densities, statistics and HMM toolkit (HTK) for offline Arabic handwriting text recognition / H. El Moubtahij, A. Halli, K. Satori // Journal of Electrical Systems and Information Technology – 2016. – V. 3. №3. – P. 99-110.
4. Jha, M. Improved unsupervised speech recognition system using MLLR speaker adaptation and confidence measurement / M. Jha et al. // V Jornadas en Tecnologías del Habla (VJTH'2008) – 2008. – P. 255-258.
5. Kaldi [Electronic resource]. – URL: <http://kaldi-asr.org/doc> (accessed: 19.12.2016)
6. Luján-Mares, M. iATROS: A SPEECH AND HANDWRITING RECOGNITION SYSTEM / M. Luján-Mares, V. Tamarit, V. Alabau et al. // V Jornadas en Tecnología del Habla – 2008. – P. 75-58.
7. El Amrania, M.Y. Building CMU Sphinx language model for the Holy Quran using simplified Arabic phonemes / M.Y. El Amrania, M.M. Hafizur Rahmanb, M.R. Wahiddinb, A. Shahb // Egyptian Informatics Journal – 2016. – V. 17. №3. – P. 305–314.

8. Ogata, K. Analysis of articulatory timing based on a superposition model for VCV sequences / K. Ogata, K. Nakashima // Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics – 2014. – January ed. – P. 3720-3725.
9. Sundermeyer, M. The rwth 2010 quero asr evaluation system for english, french, and german / M. Sundermeyer et al. // Proceedings of International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) – 2011. – P. 2212-2215.
10. Alimuradov A.K. Adaptivnyj metod povysheniya jeffektivnosti golosovogo upravleniya [Adaptive method of improving efficiency of voice control] / A.K. Alimuradov, P.P. Churakov // Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii «Perspektivnye informacionnye tehnologii» [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Perspective Information Technologies»]. – 2016. – P. 196-200. [in Russian]
11. Bakalenko V.S. Intellectualizatsiya vvoda-vyivoda koda programmy s pomoschyu rechevyih tehnologii [Intellectualization of program's code input/output with the help of speech technologies]: dis. ... of Master in Engineering and Technology. – DonNTU, Donetsk, 2016. [in Russian]
12. Balakshin P.V. Algoritmicheskie i programmye sredstva raspoznavaniya rechi na osnove skrytyih markovskih modeley dlya telefonnyih sluzhb podderzhki klientov [Algorithmic and software speech recognition tools on the basis of hidden Markov models for telephone customer support services]: dis. ... PhD in Engineering : 05.13.11: defense of the thesis 10.12.2015 : approved 08.06.2016 / Balakshin Pavel Valer'evich. – SPb.: ITMO University, 2014. – 127 p. [in Russian]
13. Balakshin P.V. Funkcija plotnosti dlitel'nosti sostojanij smm. preimushhestva i nedostatki [Density function of duration in states of hmm. advantages and limitations] / P.V. Balakshin // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. – 2011. – № 1. – P. 36-39. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=4574> (accessed: 13.11.2016). [in Russian]
14. Belenko M.V. Sravnitel'nyy analiz sistem raspoznavaniya rechi s otkrytym kodom [Analysis and comparison of the open source speech recognition systems] / M.V. Belenko // Sbornik trudov V Vserossiyskogo kongressa molodyih uchenyih [Collection of Proceedings of the V All-Russian Congress of Young Scientists]. V. 2. – SPb.: ITMO University, 2016. P. 45-49. [in Russian]
15. Gusev M.N. Sistema raspoznavaniya rechi: osnovnyie modeli i algoritmy [Speech recognition system: basic models and algorithms] / M.N. Gusev V.M. Degtyarev. – SPb.: Znak, 2013. – 141 p. [in Russian]
16. Karpov A.A. Mnogomodalnyie assistivnyie sistemy dlya intellektual'nogo zhilogo prostranstva [Multi-modal assistive systems for intelligent living space] / A.A. Karpov, L. Akarun, A.L. Ronzhin // Trudy SPIIRAN [Proceedings of SPIIRAS]. – 2011. – V. 19. – №. 0. – P. 48-64. [in Russian]
17. Karpov A.A. Metodologiya otsenivaniya raboty sistem avtomaticheskogo raspoznavaniya rechi [Methodology for evaluating the operation of automatic speech recognition systems] / A.A. Karpov, I.S. Kipyatkova // Izvestiya vysshih uchebnyih zavedeniy. Priborostroenie. [Journal of Instrument Engineering] – 2012. – V. 55. – №. 11. – P. 38-43. [in Russian]
18. Tampil I.B. Avtomaticheskoe raspoznavanie rechi – osnovnyie etapy za 50 let [Automatic speech recognition - the main stages of 50 years] / I.B. Tampil // Nauchno-Tekhnicheskii Vestnik Informatsionnykh Tekhnologii, Mekhaniki i Optiki [Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics]. – 2015. – V. 15. – № 6. – P. 957-968. [in Russian]



ПРИМЕР DOI:
10.18454/IRJ.2015.0001

Начиная с ноябрьского выпуска 2015 года /10 (41) Ноябрь 2015/, каждой статье, опубликованной в Международном научно-исследовательском журнале, **редакция издания будет присваивать идентификатор цифрового объекта DOI:**

- DOI облегчает процедуры цитирования, поиска и локализации научной публикации;
- DOI повышает авторитет журнала, а также свидетельствует о технологическом качестве издания;
- DOI является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

(Digital Object Identifier) — идентификатор цифрового объекта, стандарт обозначения представленной в сети информации.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.102>Буканин В.А.¹, Парфенова А.М.²¹ORCID: 0000-0002-0215-7621, Кандидат технических наук,

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ” им. В. И. Ульянова (Ленина),

²Ученица, Средняя общеобразовательная школа № 376, г. Санкт-Петербург**ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА И РАБОЧЕГО МЕСТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ****Аннотация**

Рассмотрены проблемы организации рабочих пространств и рабочих мест в университетах и школах, определённых в ГОСТ Р 56906-2016. Показано, что метод, основанный на рассмотрении пяти критериев оценки 5S, может быть рекомендован для учителей и преподавателей, если решение об их использовании будет принято руководством учреждений. Показаны некоторые виды таких мест, зоны нахождения людей и необходимые для работы предметы до наведения порядка на рабочих столах. Предложены адаптированные критерии оценки эффективности применения этого метода для снижения потерь рабочего времени, улучшения условий деятельности и безопасности. Приведен образцовый вид рабочего места преподавателя.

Ключевые слова: условия труда; безопасность; метод 5S; рабочее пространство и место.

Bukanin V.A.¹, Parfenova A.M.²¹ORCID: 0000-0002-0215-7621, Ph.d. in Technical Sciences,

St. Petersburg State Electrotechnical University “LETI”

Named after V.I. Ulyanov (Lenin),

²Student, Secondary School No. 376, Saint-Petersburg**WORKING SPACE AND WORKING PLACE ORGANIZATION IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS****Abstract**

The paper discusses the problems of working space and working place organization at universities and schools, defined in GOST R 56906-2016. It is shown that the method based on the consideration of five assessment criteria (5S) can be used by school and university teachers if the decision on their use is taken by the management of the institution. Some types of such places are shown in the article, as well as areas of people's location and the items that have to be put on desks before it starts. Adapted criteria for assessing the effectiveness of this method are proposed. They reduce the loss of working time, improve working conditions and safety. The paper contains an exemplary workplace of the teacher.

Keywords: working conditions; security; Method 5S; working space and place.

Такие организации, как школы, готовят выпускников к поступлению в высшие учебные заведения, а университеты – к различным видам их профессиональной деятельности. При этом в большинстве случаев вопросам бережливого производства, в частности организации рабочих мест, не уделяется достаточного внимания как в процессе обучения, так и при выполнении самой работы учителя и преподавателя, являющихся примером для многих учеников и студентов. Для любой организации, в том числе и образовательной, критериями улучшения деятельности являются “качество процессов, продукции и услуг, стоимость и время их выполнения” [1, С. 2]. Одним из эффективных методов, позволяющих добиться этих показателей, является метод 5S, позволяющий шаг за шагом сначала добиться определённого порядка на рабочем месте, находя источники имеющегося беспорядка и исключая их, обеспечения необходимого порядка, поддержания его на хорошем уровне, проверке состояния и его совершенствования.

Данный метод призван повысить эффективность деятельности работника, уменьшить время на выполнение лишней работы, увеличить производительность некоторых технологических процессов, содержать окружающее пространство в чистоте, обеспечить безопасность и требуемое состояние охраны труда. Рабочим местом называется часть рабочего пространства, где должен находиться работник под контролем работодателя. Каждый учитель школы и преподаватель вуза имеют такие места, поэтому вопросы их правильной организации следует учитывать и контролировать.

Основными проблемами организации рабочего места являются сложность в нахождении необходимого в данный момент предмета или документа, большими затратами времени на лишнюю работу, нервными перегрузками, отсутствием пространства для хранения ненужной бумаги, а также многими другими.

В связи с выходом ГОСТ Р 56906-2016 появилась возможность решить многие проблемы даже в образовательных учреждениях [2]. Этот документ разработан для применения в любых организациях, которые могут принять решение улучшить свою деятельности с помощью пяти взаимосвязанных принципов организации рабочих пространств и рабочих мест. При этом приоритетной ценностью является не только обеспечение большего удобства при выполнении работы, снижение потерь при подборе необходимых материалов, поиске различных компонентов и документов, но и уменьшение риска воздействия опасных факторов, а также сохранение здоровья человека в процессе труда.

Проблем организации рабочего пространства и рабочего места в образовательных учреждениях много. Достаточно сказать, что практически ни одно учреждение ещё не приняло решения улучшить эффективность своей деятельности с помощью метода 5S. Нет ни положений, ни приказов руководства учреждений, в которых этот метод должен быть использован. Согласно ГОСТ Р 56906-2016, “организация должна регламентирующим или организационно-распорядительным документом определить объекты применения этого метода” [2, С. 2].

Чаще всего учитель или преподаватель имеет в своём распоряжении компьютер, выполняя большой объём работ по оформлению многочисленных документов, написанию учебных пособий, подготовке презентаций к урокам, лекциям или конференциям и так далее. Работник накапливает огромное количество бумажных документов, которые складываются в определённом порядке, предполагая о том, что они скоро ему понадобятся и должны лежать на виду,

чтобы не забыть о делах. Накопившиеся бумаги негде хранить. Из-за отсутствия необходимого пространства документы, инструменты и материалы могут размещаться под столом, создавая неудобства в работе. Рядом с бумагами могут находиться устройства для зарядки аккумуляторов или другие электротехнические приборы, которые создают повышенный риск возгорания и пожароопасную ситуацию. Примеры таких рабочих мест в университете и в школе приведены на рис. 1 и 2. Иногда имеются случаи, когда площадь на одно рабочее место, особенно оснащённое персональной ЭВМ, меньше нормативных требований по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, а именно 4,5 или 6 м² в зависимости от используемого монитора [3, С. 3]. Всё это ухудшает условия труда и создаёт повышенную опасность.



Рис. 1 – Рабочее пространство и место преподавателя до применения 5S



Рис. 2 – Рабочее место учителя до применения 5S

Применив положения метода 5S, можно значительно улучшить состояние пожарной безопасности, снизить время поиска необходимых материалов и сделать работу более удобной и продуктивной. Из проведённого анализа и опыта работы преподавателей по рациональному распределению используемых ресурсов и времени установлено, что только на поиск необходимых документов ежедневно тратится около 15 минут или иногда даже больше.

Для того чтобы этого избежать, ГОСТ Р 56906-2016 предлагает установить ответственность как со стороны высшего руководства, который должен назначить ответственных за использование данного метода, так и со стороны работников [2, С. 2]. Необходимые ресурсы на решение этих вопросов следует предусматривать и выделять самой организацией.

Требуется выполнить пять последовательно проводимых шагов: сортировка (определить, какие из находящихся предметов являются нужными, разделить все предметы на нужные и ненужные, необходимые оставить работнику, а лишние удалить); самоорганизация (соблюдение порядка, то есть распределение предметов таким образом, чтобы максимально снизить потери на их поиск и последующую работу); систематическая уборка (поддержание чистоты и постоянной готовности к использованию); стандартизация (разработка стандартов рабочего места, его содержания и других необходимых документов) и совершенствование (улучшения этой работы, проверки полученных результатов, выработке новых предложений и т. д.).

Попробуем сделать первый шаг применительно к рабочему пространству и месту учителя и преподавателя. Скорее всего, перечень необходимого для их работы в образовательных учреждениях поручить организации проблематично, и этот вопрос должен решить сам работник, возможно с участием непосредственного руководителя. К таким нужным предметам можно было бы отнести персональную ЭВМ, расписание занятий, календарь, учебники, учебные пособия, домашние задания, отчёты по лабораторным работам, инструкции по пожарной безопасности и другие. Некоторые предметы необходимы постоянно (к примеру, ежечасно), некоторые непостоянно (один раз в день, в неделю, в месяц, в год или не используются никогда).

При сортировке необходимые предметы могут быть перемещены на новое и более удобное место, редко используемые – на место, где могут временно размещены, а никогда больше не используемые – утилизированы при условии решения об их избавлении. Они могут быть зарегистрированы в специальных журналах и обозначены соответствующим образом. Вопросы о месте и сроках удаления решаются, как правило, руководством подразделения. К примеру, на случай восстановления студентов после отчисления и решения возможных конфликтных ситуаций, которые иногда ещё происходят, их работы должны храниться не менее 2 лет. Проблемным вопросам в данном случае являются способ и место хранения, связанными с недостатком рабочего пространства и пожарной безопасностью (нередко удельная пожарная нагрузка помещения может превышать 300 МДж/м², что требует присвоения категории помещения ВЗ, хотя помещения учителей и преподавателей согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности разделению на категории не подлежат).

Второй шаг предполагает размещение нужных предметов на рабочем месте для снижения их потерь и времени поиска работником. При выполнении этого шага желательно также учитывать антропометрические, физиологические и психологические требования по ГОСТ 12.2.032-78 [4, С. 1]. Каждый предмет, включая личные вещи, следует размещать с учётом трёх основных зон моторного поля, частотой выполнения операций (очень часто – две и более операции в одну минуту, часто – менее двух операций в минуту, но не менее двух операций в час, редко – не более двух операций в час). Основными объектами и средствами, с которыми приходится работать учителю и преподавателю, являются информационные потоки, аналитические данные, документация и др. Отображение мест их хранения (визуализация) затруднительно, хотя и возможно.

Шаг третий – уборка и поддержание рабочего места в чистоте, скорее всего, не требует пояснений и больших затрат рабочего времени.

Сложнее выполнить четвёртый шаг, то есть разработать стандарт рабочего места, который должен включать в себя набор требуемых предметов, схемы их расположения, фотографию образцового состояния рабочего пространства и рабочего места, ответственных за их состояние, а также стандарт содержания рабочего места, к которому относятся документы, регламентирующие сортировку предметов, их расположение, проведение уборки на рабочем месте, а также контроль выполнения этого стандарта. Пример образцового состояния рабочего места с мебелью, заимствованной у фирмы Motorola, приведён на рис. 3. Ненужные документы и предметы удалены в специальный стеллаж, а необходимые – в органайзер.

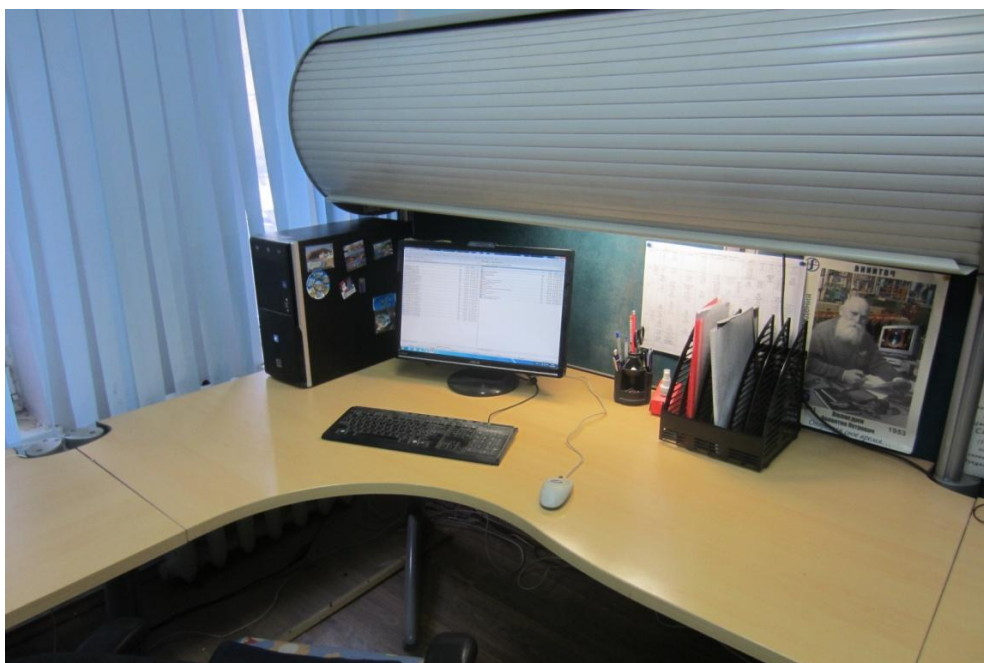


Рис. 3 – Фотография образцового рабочего места преподавателя

Лепестковые диаграммы текущего состояния организации рабочих мест преподавателя и учителя, построенные по результатам внутреннего аудита 5S, приведены на рис. 4. Как видно итоговые баллы по многим шагам 5S далеки от максимально возможных 20 баллов, а многие близки к нулю, в первую очередь из-за того, что практически отсутствуют стандартизация и процесс совершенствования.

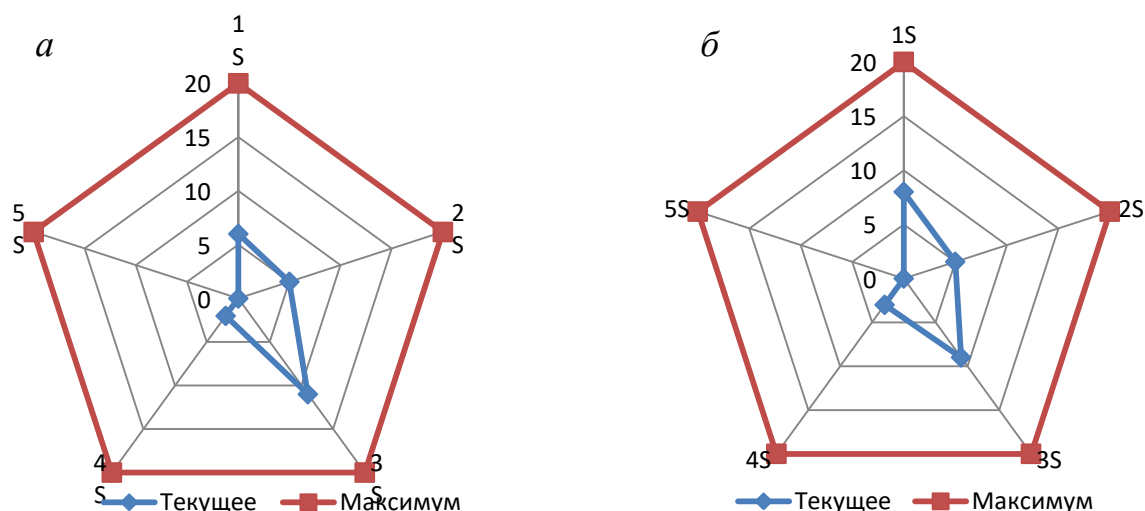


Рис. 4 – Примеры оформления результатов аудита 5S рабочих мест преподавателя университета (а) и учителя школы (б)

Некоторые рекомендуемые ГОСТ Р 56907-2016 параметры, которые могут контролироваться в результате аудита рабочих мест образовательных учреждений, следует скорректировать с учётом специфики работы. Такие контролируемые параметры, адаптированные к условиям работы школ и университетов, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Рекомендуемый контрольный лист в образовательном учреждении и предварительная оценка в баллах

Контролируемые параметры	Оценка, балл	Замечания
Шаг 1 – Сортировка		
Предметы разобраны на нужные и ненужные	0	
Предметы и материалы на рабочем месте находятся в порядке	1	
Ненужные предметы на рабочем месте отсутствуют	1	
На рабочем месте находится только нужное оборудование и необходимые предметы	2	
На рабочем месте и стендах нет устаревших инструкций, правил и другой информации	2	
Итого:	6	
Шаг 2 – Самоорганизация (соблюдение порядка)		
Ненужные предметы из рабочего пространства удалены	0	
Нужные предметы расположены с учётом частоты их использования	1	
Объекты, оборудование, материальные потоки идентифицируемы и отслеживаются	1	
Зоны расположения предметов, стеллажи и другие места для хранения материалов идентифицированы и размечены	2	
Необходимые для работы документы хорошо организованы и доступны	1	
Итого:	5	
Шаг 3 – Систематическая уборка (содержание в чистоте)		
Для проведения уборки имеется персонал и оборудование	4	
Рабочая зона, оборудование содержатся в чистоте, источники загрязнения определены и устраняются	3	
Оборудование и предметы исправны и чисты	2	
Порядок и график уборки определены	1	
Работник на своём рабочем месте наводит порядок ежедневно	1	
Итого:	11	
Шаг 4 – Стандартизация		
Стандарт содержания рабочего места разработан и вывешен на рабочем месте	0	
Стандарт расположения оборудования, предметов с учётом зон моторного поля имеется и вывешен	0	
Стандарт по уборке помещения и рабочего места разработан и вывешен	0	

Окончание табл. 1 – Рекомендуемый контрольный лист в образовательном учреждении и предварительная оценка в баллах

Контролируемые параметры	Оценка, балл	Замечания
Шаг 4 – Стандартизация		
Инструкции по охране труда имеются, все опасные и вредные факторы знакомы работнику	2	
Стандарт содержания рабочего места работником соблюдается	0	
Итого:	2	
Шаг 5 – Совершенствование		
Все работники прошли обучение по методу 5S, делятся опытом его применения	0	
Внутренний аудит содержания рабочего места проводится	0	
Предложения по совершенствованию структурируются и вывешиваются для общего обозрения	0	
Работники учреждения знают о прошлых и сегодняшних показателях результативности рабочего места	0	
Механизмы вовлечения работников реализуются	0	
Итого:	0	
Всего:	34	
Максимальное количество баллов:	100	

Примечание (рекомендуемые для оценки баллы): нигде не применяется – 0; есть несколько примеров применения – 1; применяется на 50 % объектов – 2; применяется практически везде – 3; применяется повсеместно – 4.

Таким образом, в результате исследований выявлены возможные проблемы внедрения ГОСТ Р 56907-2016 и метода 5S для улучшения организации рабочих пространств и рабочих мест в образовательных учреждениях: отсутствие решения высшего руководства образовательных учреждений об его использовании, сложности в разработке стандартов рабочих мест и их содержания, не полная проработка вопросов оценки применимости метода. Проведённый анализ некоторых рабочих мест преподавателя и учителя показал, что при его применении можно повысить удобство в работе и общую культуру её выполнения, сэкономить рабочее время на поиск нужных предметов, улучшить условия труда и его безопасность. Предложены адаптированные применительно к образовательным учреждениям параметры шагов метода 5S, которые могут контролироваться в результате аудита, и примеры заполнения лепестковых диаграмм.

Список литературы / References

1. ГОСТ Р 56407-2015. Бережливое производство. Основные методы и инструменты. – Введ. 2015-06-02. – М.: Стандартинформ, 2015. – 15 с.
2. ГОСТ Р 56906-2016. Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S). – Введ. 2016-03-31. – М.: Стандартинформ, 2016. – 14 с.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. // Рос. газ. – 2003. – 21 июня.
4. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. – Введ. 1979-01-01. – М.: МПК Изд-во стандартов, 2001. – 9 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. GOST R 56407-2015. Berezhlivoe proizvodstvo. Osnovnye metody i instrumenty. [Lean production. Basic methods and tools]. – Vved. 2015-06-02. – М.: Standartinform, 2015. – 15 p. [In Russian]
2. GOST R 56407-2015. Berezhlivoe proizvodstvo. Organizacija rabocheho prostranstva (5S). [Lean production. Workspace organization method (5S)]. – Vved. 2016-03-31. – М.: Standartinform, 2016. – 14 p. [In Russian]
3. SanPiN 2.2.2/2.4.1340-03. Gigienicheskie trebovanija k personal'nyh jelektronno-vychislitel'nyh mashinam i organizacii raboty. [Hygienic requirements for personal computers and organization of the work] // Rossijskaja gazeta. – 2003. – 21 ijunja. [In Russian]
4. GOST 12.2.032-78. Rabochee mesto pri vypolnenii rabot sidja. Obshhie jergonomicheskie trebovanija. [Workplace with the fulfillment of sitting work. General ergonomic requirements]. – Vved. 1979-01-01. – М.: Izd-vo standartov, 2001. – 9 p. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.137>Воробьева М.С.¹, Воробьев А.М.², Егоров Ю.А.³¹Кандидат технических наук, доцент, ²аспирант, ³магистрант, Тюменский государственный университет**ПОСТРОЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА СТРУКТУРНЫХ РАЗЛИЧИЙ
В КАТЕГОРИЯХ ИЗОМОРФИЗМА****Аннотация**

Цель работы: разработать распределенный алгоритм для решения задачи поиска структурных различий в графах с точки зрения изоморфизма, показать применение алгоритма на примере поиска структурных различий в web-графах. В результате сформулирована задача поиска различий в графах, описан алгоритм поиска структурных различий и проведен эксперимент, подтверждающий, что структуры ресурсов имеют значение для продвижения.

Ключевые слова: Изоморфизм подграфов, сравнение графов, объекты сложной структуры, поиск структурных различий, web-графы.

Vorobyova M.S.¹, Vorobyov A.M.², Egorov Yu.A.³¹PhD in Engineering, Associate Professor, ²postgraduate student, ³master's degree student,
Tyumen State University**CONSTRUCTION OF DISTRIBUTED ALGORITHM FOR SEARCH FOR STRUCTURAL DIFFERENCES IN
ISOMORPHISM CATEGORIES****Abstract**

The main goal of this work is to develop a distributed algorithm for solution of the problem of search for structural differences in graphs from the point of view of isomorphism, and to show the application of the algorithm on the example of search for structural differences in web-graphs. The problem of search for differences in graphs is formulated as a result, the algorithm for structural differences searching is described as well, and finally the experiment was conducted, confirming the resource structures are important for progression.

Keywords: Isomorphism of subgraphs, comparison of graphs, objects of complex structure, search for structural differences, web-graphs.

По различным оценкам основная доля сети Интернет – 60-90% – приходит на интернет-ресурсы через поисковые системы, такие как Google, Яндекс и Baidu. С ростом конкуренции на интернет-площадках поисковые системы с каждым годом ужесточают требования к интернет-ресурсам: поисковые системы отслеживают тысячи факторов, на основании которых формируется поисковая выдача. Постоянная разработка и внедрение новых алгоритмов ранжирования обязывают владельцев интернет-ресурсов уделять особое внимание множеству факторов ранжирования.

Кроме того, в современных алгоритмах ранжирования наиболее простые для манипуляции факторы стали менее весомы для поисковых роботов, и изменение их теперь уже не столь значимо отражается на позициях сайта. Например, если раньше для попадания сайта на первое место достаточно было иметь большую ссылочную массу (количество ссылающихся внешних ресурсов на сайт), превышающую конкурентов, то сейчас значимость этого фактора сильно занижена в силу появления различных инструментов воздействия на этот фактор и, как следствие, выведение в лидирующие позиции сайтов, которые могут не в полной мере отвечать запросам пользователей.

Если рассмотреть каждый отдельный сайт в виде графа, где вершиной графа является страница интернет-сайта, а ребром – ссылка на страницу, то при сравнении эталонного интернет-ресурса и продвигаемого сайта можно определить параметры и их значения, необходимые для достижения желаемых результатов.

Пусть даны объекты сложной структуры S и T , где каждый объект представляет собой граф $\langle V_S, E_S \rangle$, где V_S – множество вершин, E_S – множество ребер графа. Каждая вершина $v_s \in V_S$ является HTML-страницей и имеет кортеж признаков $\langle g_1(v_s), g_2(v_s), \dots, g_n(v_s) \rangle$, где $g_i(v_s)$ – характеристика HTML-страницы. $E_S = \{e_{u,v}^s | \text{Link}(u, v)\}$ – множество ребер графа, где $\text{Link}(u, v)$ – это функция перехода от страницы u к странице v .

Необходимо провести сравнение графов S и T и найти граф $W = \langle V_W, E_W \rangle$ такой, что:

1) V_W – множество вершин графа S , соответствующих условиям:

- Вершина $v_s \in V_S$ не имеет соответствующей вершины в графе T ;
- Вершина $v_s \in V_S$ имеет различные значения соответствующих признаков $g_i(v_s)$ и $g_i(v_T)$ с соответствующей вершиной $v_T \in V_T$;

2) E_W – множество ребер графа S , не имеющих соответствующих ребер в графе T .

Для сравнения структур графов S и T решается задача изоморфизма графов – поиск взаимнооднозначного соответствия между вершинами двух графов. Для решения разработан распределенный алгоритм поиска структурных различий, в основу которого легли подходы и методы, описанные в работах [1], [3], [4]. Входными данными являются графы $S = \langle V_S, E_S \rangle$ и $T = \langle V_T, E_T \rangle$, представленных с помощью матриц достижимости M_S и M_T . Выходными – множество всех матриц перестановок для графов S и T , где каждая матрица перестановок представляет собой биекцию между вершинами графов. Асимптотическая сложность составляет $O(N^M M)$, где N – количество вершин в графе S , M – количество вершин в графе T .

Алгоритм был разработан для модели акторов и включает в себя:

- управляющий актор, порождающий конечное количество вычислительных акторов и управляющий списком заданий;
- вычислительные акторы могут отправлять управляющему актору новые задания и запрашивать задания на выполнение
- актор вывода, осуществляющий формирование и обработку конечного результата.

Задание, которое выполняется вычислительным актором, представляет собой кортеж из двух элементов:

- 1) промежуточная матрица перестановок P , которая потенциально может быть искомой матрицей перестановок, удовлетворяющей условию $M_S = PM_T P^T$;
- 2) K – номер строки матрицы P , которую необходимо заполнить.

Управляющий актор инициализирует решение задачи, управляет списком заданий и пулом акторов, завершает решение задачи.

Инициализация осуществляется с помощью функции $start(M1, M2, Workers_count)$, где $M1$ – матрица смежности графа S , $M2$ – матрица смежности графа T , $Workers_count$ – количество потоков, которые необходимы для решения задачи. Данная функция осуществляет создание первого задания $\{P, 0\}$, где P – матрица перестановок, регистрацию глобального имени актора (*server*), создание вычислительных акторов.

Функция $loop(Workers, Tasks, Workers_count)$ получает и обрабатывает сообщения, где $Workers$ – список вычислительных акторов, запросивших новое задание, $Tasks$ – список заданий, ожидающих выполнения, $Workers_count$ – количество вычислительных акторов. Форматы сообщений, которые принимает актор и вызовы функций, осуществляются при получении сообщений (Таблица 1).

Таблица 1 – Сообщения, принимаемые управляющим актором

Формат сообщения	Описание
$\{take_task, Wpid\}$	Запрос от вычислительного актора на получение задания, где $Wpid$ – адрес, по которому нужно отправить задание. Вызывает функцию $send_task$, после – функцию $loop$
$\{new_task, Newp, K\}$	Запрос от вычислительного актора на добавление задания в список, где $Newp$ – одна из матриц перестановок для обработки, K – строка $Newp$ для заполнения. Вызывает функцию add_task , после – функцию $loop$

Выдачу заданий вычислительным акторам осуществляет функция $send_task(Workers, Tasks, Wpid, Workers_count)$, где $Workers$ – список акторов, ожидающих новое задание; $Tasks$ – список заданий; $Wpid$ – адрес, по которому нужно отправить новое задание; $Workers_count$ – общее количество вычислительных потоков. Данная функция выбирает одно из трех поведений в зависимости от входных данных:

1) если список заданий, ожидающих обработку, пуст, управляющий актор добавляет вычислительный актор в список ожидающих новое задание;

2) если список заданий, ожидающих обработку, пуст, и все вычислительные акторы ожидают нового задания, значит, все задания выполнены, и управляющий актор вызывает функцию завершения решения;

3) если список заданий не пуст, первое задание из списка заданий отправляется запросившему актору.

Функция $send_task$ возвращает $Nworkers$ – новый список акторов, ожидающих новое задание и $Ntasks$ – новый список заданий.

Функция $add_task(Workers, Tasks, P, K)$, где $Workers$ – список акторов, ожидающих новое задание; $Tasks$ – список заданий; P – матрица перестановок, полученная от вычислительного актора; K – номер строки матрицы P , который необходимо заполнить, добавляет задания в очередь и реализует одно из двух поведений в зависимости от входных данных:

1) если список акторов, ожидающих задание не пуст, новое задание сразу же отправляется первому актору из списка, минуя список заданий;

2) если список акторов, ожидающих задание пуст, новое задание записывается в начало списка заданий.

Функция возвращает $Nworkers$ – новый список акторов, ожидающих новое задание; $Ntasks$ – новый список заданий.

Терминация работы алгоритма осуществляется с функцией $close(Workers)$, где $Workers$ – список акторов, ожидающих новое задание, выполняя которую, актор отправляет всем ожидающим акторам сообщение о том, что задача решена и завершает работу управляющего актора.

Вычислительный актор, выполняющий поиск матриц перестановок, осуществляет следующие функции: инициализации, получения задания, поиска матрицы перестановок.

Функция инициализации $start(M1, M2)$ получает исходные данные и вызывает функцию $take_task$, где $M1$ – матрица смежности графа S , $M2$ – матрица смежности графа T .

Функция получения задания $take_task(M1, M2)$ ($M1$ – матрица смежности графа S , $M2$ – матрица смежности графа T) отправляет управляющему актору запрос на получение нового задания и ожидает ответа. Дальнейшее поведение, которое выбирает актор, зависит от ответа управляющего актора. Форматы сообщений и поведение при их обработке представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сообщения, принимаемые вычислительным актором

Формат сообщения	Описание
$\{run, \{P, K\}\}$	Ответ от управляющего актора, инициализирующий выполнение нового задания, где P – матрица перестановок, K – строка матрицы перестановок для заполнения. Вызывает функцию $backtrack$
$\{close\}$	Ответ от управляющего актора, сигнализирующий о том, что задача решена. Вызывает функцию $exit$, завершающую работу актора

Функция поиска матрицы перестановок $backtrack(M1, M2, P, K)$ выполняет следующие этапы:

- а. если $K > t$, то P - искомая матрица перестановок, актор отправляет актору вывода полученный результат и запрашивает у управляющего актора новое задание;
- б. иначе, для каждого p_{ki} выполняем следующее:
- $p_{ki} = 1$, остальные элементы i -й строки равны 0;
 - если выполняется условие $S_{k,k}(M_G) = S_{k,n}(P)M_H(S_{k,n}(P))^T$, то актор отправляет управляющему актору новое задание, содержащее полученную матрицу и $K + 1$ – номер следующей строки, которую необходимо заполнить;
 - с. управляющему актору отправляется запрос на получение нового задания.

Параметрами функции являются: матрица смежности $M1$ графа S , матрица смежности $M2$ графа T , промежуточная матрица перестановок P , K – номер строки, которую необходимо заполнить в матрице P . Актор вывода получает найденные матрицы перестановок от вычислительных акторов и осуществляет их сохранение в массив и вывод результата.

В результате тестирования работы алгоритма поиска структурных различий было выявлено три типа результатов сравнения двух графов.

Результат 1 типа: Алгоритм вернул одну матрицу перестановок (рис.1). Между вершинами графов S и T существует единственное взаимнооднозначное соответствие: объекты имеют одинаковую структуру, значит, первый уровень соответствия выполнен, и сравнивать необходимо внутренние характеристики каждого ребра и вершины графа, т.е. показатели конкретных страниц и ссылок между страницами сайта.

Результат 2 типа: Алгоритм вернул несколько матриц перестановок (рис.2). В данном случае из нескольких матриц перестановок нужно выбрать одну, наиболее релевантную исследуемому графу. Для того чтобы правильно определить релевантную структуру, для каждой вершины задается параметр $g_i(v)$, который позволяет однозначно сопоставить вершины графов S и T . Как только всем вершинам находится однозначное соответствие, можно утверждать, что найдена матрица перестановок P , противном случае, если не удастся найти матрицу P , переходим к случаю 3.

Результат 3 типа: Матрица перестановок не найдена (рис.3). В этом случае, для соответствующей вершины с параметрами $g_i(v)$ исследуемого графа T применяются функция $\phi(v)$ или функция $\phi(u, v)$, которые представляют собой объединение, добавление, удаления соответствующей вершины графа, таким образом, чтобы привести структуру исследуемого графа T к виду эталонного графа S .

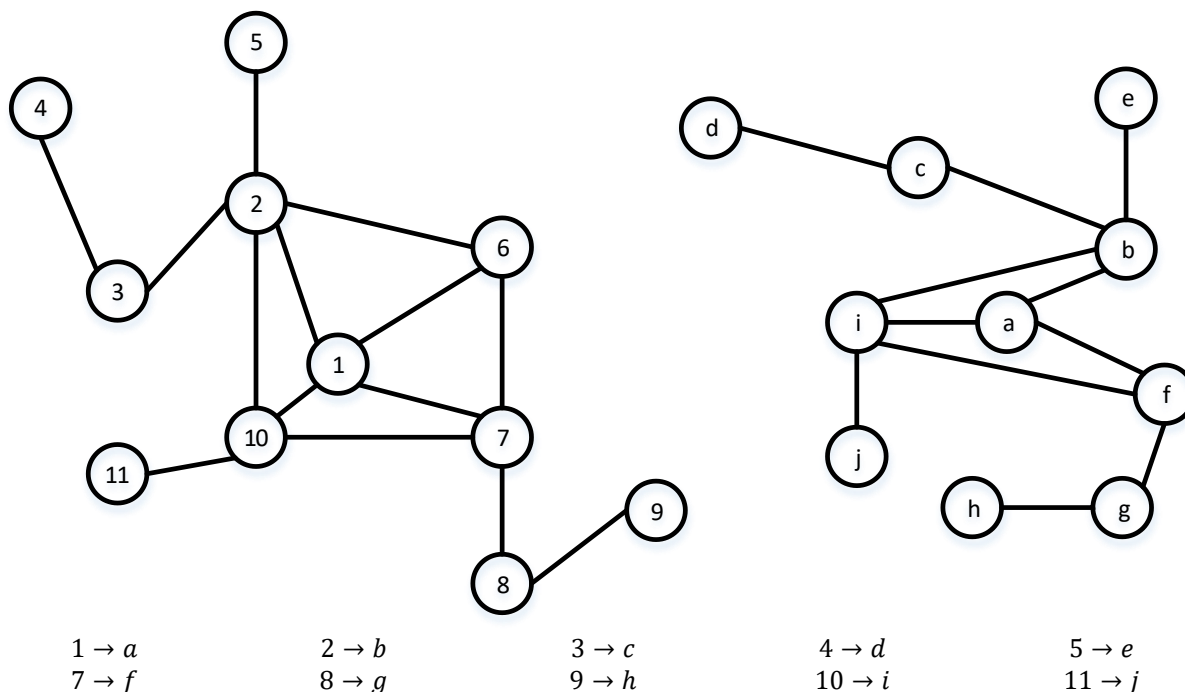


Рис. 1 – Результат работы алгоритма (1 тип)

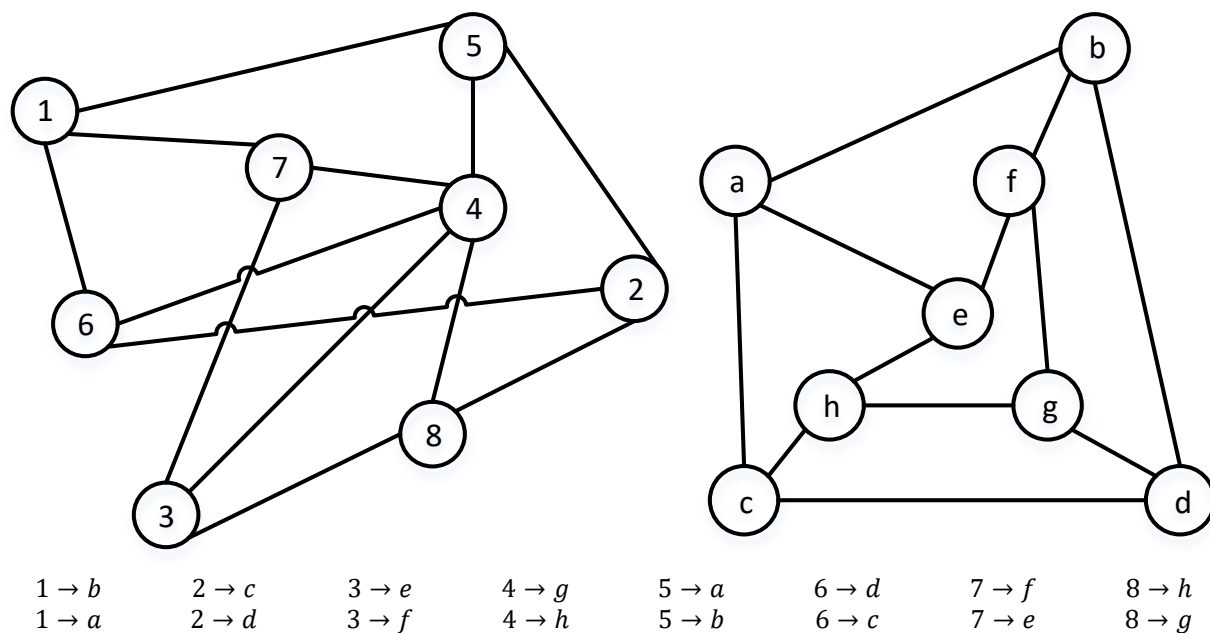


Рис. 2 – Результат работы алгоритма (2 тип)

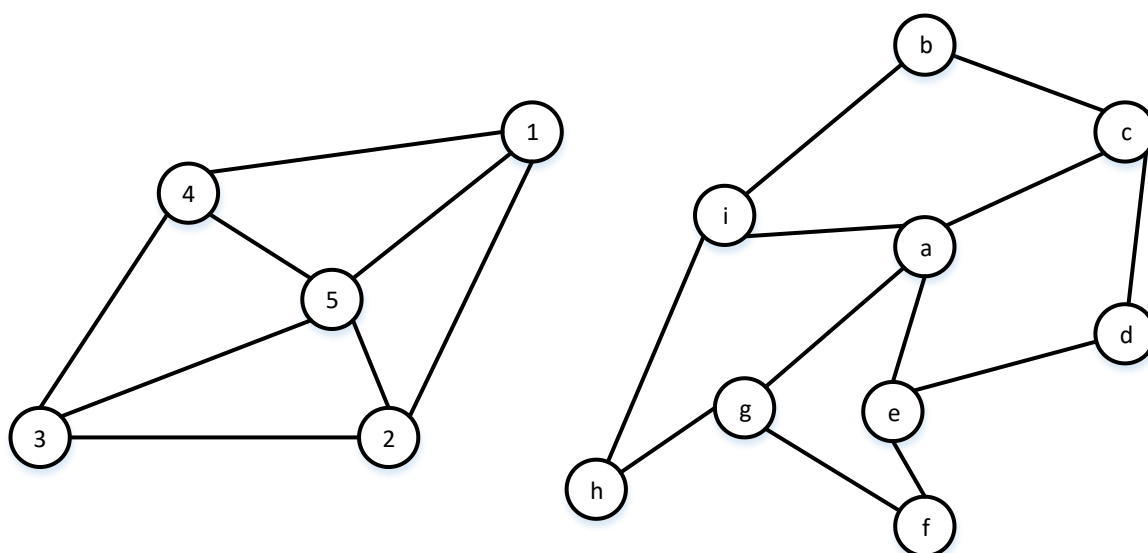


Рис. 3 – Результат работы алгоритма (3 тип)

Для реализации алгоритма поиска структурных различий разработано приложение на языке Erlang. В качестве данных для эксперимента использованы данные интернет-ресурсов, связность которых не контролировалась. Уровень вложенности доменов исследуемых сайтов варьировался от 2 до 4, количество страниц, исходя из предоставленной карты сайта, составляло не более 1000.

Для анализа подбиралось случайное ключевое слово, по которому проходил отбор сайта, находящегося на первой позиции в поисковых системах Яндекс и Google и рассматривался как эталон. Эксперимент проводился с целью проверки, является ли параметр «структура интернет-сайта» необходимым при ранжировании в поисковой системе.

В ходе эксперимента были отобраны интернет-ресурсы по тематике «получение дополнительного высшего образования в регионе», занимающие лидирующие позиции в поисковых системах Яндекс и Google. Для блока высокочастотных фраз, по которым пользователи находят данные услуги, найдены 15 фраз, по каждой из которых в поисковых системах есть сайт, который располагается на первой строчке поиска, принятый за эталон.

По каждой фразе из заданного блока были взяты интернет-сайты, не попавшие в выдачу поисковиков на первое место. Каждый из таких сайтов и являлся исследуемым. Таким образом, каждый исследуемый сайт сравнивался с эталонным по ключевому запросу, и каждое сравнение было отнесено к одному из типов нахождения изоморфизма.

По данной тематике было проведено 135 сравнений, из которых 25 дали результат первого типа, 34 – результат второго типа и 76 – результат третьего типа. Причем 80% изоморфизмам по 1 типу было определено в первых трех строчках выдачи, что подтверждает гипотезу о факторе ранжирования по структуре.

Список литературы / References

1. Воробьев, А. М. Интеллектуальный анализ и кластеризация WEB данных / А. М. Воробьев // Математическое и информационное моделирование: сборник научных трудов. - Тюмень: Издательство ТюмГУ – 2014. – №14. – 313 с.
2. Егоров, Ю. А. Модификация алгоритма Ульмана для многопроцессорных систем / Ю. А. Егоров // Материалы XVII Всероссийской конференции молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям. – 2016. – С. 86-87.

3. Ullmann J. R. An Algorithm for Subgraph Isomorphism Problem /J. R. Ullmann. – Journal of the Association for Computing Machinery. – 1976. – Vol 23(1). – P. 31-42.

4. Cordella L.P. A (sub)graph isomorphism algorithm for matching large graphs / L.P. Cordella, P. Foggia, C. Sansone // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2004. – vol. 26. – P. 1367-1372.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vorobjev, A. M. Intellectual'nyj analiz i klasterizacija WEB dannyh [Web data clustering and data mining] / A. M. Vorobjev // Matematicheskoe i informacionnoe modelirovanie: sbornik nauchnyh trudov [Math and information modeling: scientific papers collection]. – Tyumen: Izdatel'stvo TGU - 2014. – Vol. 14. – 313 p. [in Russian].

2. Egorov, Ju. A. Modifikacija algoritma Ul'mana dlja mnogoprocessornyh sistem [Ullmann algorithm improvement for multiprocessor systems] / Ju. A. Egorov // Materialy XVII Vserossijskoj konferencii molodyh uchenykh po matematicheskomu modelirovaniyu i informacionnym tehnologijam [Materials of the XVII all-Russian conference of young scientists on mathematical modeling and information technologies]. – 2016. – P. 86-87. [in Russian].

3. Ullmann J. R. An Algorithm for Subgraph Isomorphism Problem /J. R. Ullmann. – Journal of the Association for Computing Machinery. – 1976. – Vol 23(1). – P. 31-42.

4. Cordella L.P. A (sub)graph isomorphism algorithm for matching large graphs / L.P. Cordella, P. Foggia, C. Sansone // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2004. – vol. 26. – P. 1367-1372.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.157>

Воронов В.А.¹, Мартыненко Я.В.²

¹ORCID: 0000-0002-4105-0739, кандидат технических наук,

²ORCID: 0000-0001-7978-4423, студент,

ФБГОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОДНОФАЗНОГО И ДВУХФАЗНОГО РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПО ТРУБОПРОВОДНЫМ СИСТЕМАМ

Аннотация

Произведен анализ трубопроводных систем для транспортировки природного газа в сжиженном и газозоудушном состояниях. На основании технологических параметров, влияющих на экономическую эффективность перекачки сжиженного природного газа (СПГ) по трубопроводам подтверждена актуальность использования жидкой фазы, как альтернативы традиционному трубопроводному транспорту. Рассмотрена классификация экспериментально установленных режимов транспортировки двухфазовых потоков. Приведены результаты теоретических исследований двухфазных систем для перекачки природного газа, а также доказана их применимость. На основании полученных данных сделаны выводы о необходимости разработки нормативной документации и методов для проектирования, строительства и эксплуатации трубопроводного транспорта СПГ.

Ключевые слова: сжиженный природный газ (СПГ), трубопроводный транспорт СПГ, двухфазные потоки, криогенные трубопроводы, дисперсно-кольцевой режим.

Voronov V.A.¹, Martynenko Ya.V.²

¹ORCID: 0000-0002-4105-0739, PhD in Engineering,

²ORCID: 0000-0001-7978-4423, Student,

FSFEE for Higher Education St. Petersburg Mining University

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF SINGLE-PHASE AND TWO-PHASE REGIMES OF NATURAL GAS TRANSPORTATION BY PIPELINE SYSTEMS

Abstract

The analysis of pipeline systems for natural gas transportation in the liquefied and gas-air states is conducted in the paper. Based on technological parameters influencing the economic efficiency of LNG transfer via pipelines, the use of the liquid phase as an alternative to traditional pipeline transport has been confirmed. The classification of experimentally established transportation modes of two-phase flows is considered. The results of theoretical studies of two-phase systems for pumping natural gas are given, and their applicability is proved. Based on the results obtained the conclusion is drawn on the need to develop normative documentation and methods for the design, construction and operation of LNG pipeline transport.

Keywords: liquefied natural gas (LNG), LNG pipeline transport, two-phase flows, cryogenic pipelines, annular-dispersed flow.

Для энергетической системы мира СПГ – динамически развивающаяся отрасль. Мировое потребление сжиженного природного газа растет на 10 % в год, а газозоудушного вида топлива – только на 2,4%. Так, согласно прогнозам экспертов Международного газового союза (МГС), доля СПГ к 2030 году может составить около 42% от общего потребления природного газа (рисунок 1).

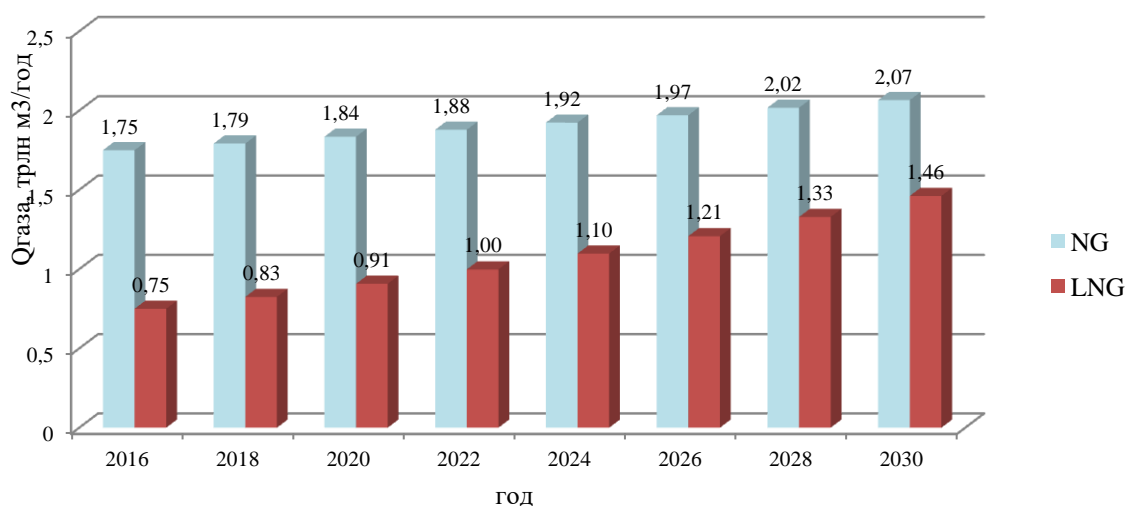


Рис. 1 – Прогноз мирового потребления природного газа в двух фазовых состояниях

Рост потребления СПГ обусловлен увеличением числа стран-импортеров и стран-экспортеров. Только в России строятся и увеличивают свою производительность 8 заводов (таблица 1). Мощность которых, по прогнозам Министерства энергетики, к 2025 году может достигнуть 70 млн тонн/год.

Таблица 1 – Действующие и планируемые заводы СПГ в России [6]

Проекты	Компании	Мощность (млн тонн/год)	Год введения в эксплуатацию
Сахалин 2	Gazprom, Shell	9,6	2009
Ямал СПГ	Novatek, Total, CNPC	16,5	2017
Владивосток СПГ	Gazprom	15	2018
Печора СПГ	Rosneft, Alltech	8	2018
Сахалин СПГ	Rosneft, Exxon	5	2020
Балтийский СПГ	Gazprom	10	2021
Сахалин 2-ТЗ	Gazprom, Shell	5	2021
Общая мощность		69,1	

По показателям 2016 года количество мирового потребления природного газа составляет около 2,5 трлн м³/год, из которых около 70% транспортируется по трубопроводам, а 30 % доставляется потребителю при помощи газозовов или танкеров в сжиженном состоянии (рисунок 2).

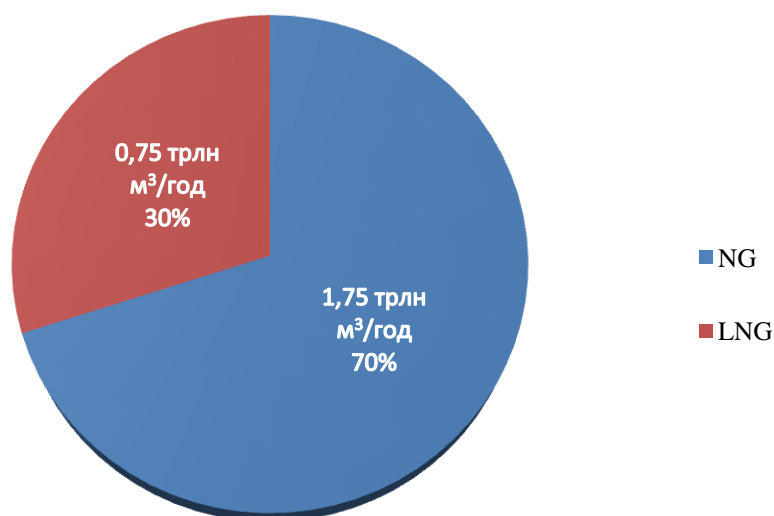


Рис.2 – Доля СПГ от мирового потребления природного газа

На сегодняшний день трубопроводный транспорт СПГ применим только внутри предприятия, где топливо доставляется по технологическим линиям. Проблема использования магистрального трубопровода для жидкой фазы природного газа вызывает многосистемные исследования специалистов многих стран. Необходимы параметры и рекомендации для условий, в которых магистральный трубопровод СПГ мог бы конкурировать с обычным

газопроводом. Ключевую роль при разработке технологии сооружения и эксплуатации такого вида трубопровода играет выбор оборудования и материала, который зависит от рабочей температуры СПГ, распространения трещин в трубе, температурных деформаций. В этой области существует несколько современных разработок криогенных трубопроводов (рисунок 3) [5]:

1. Трубопроводы с экранно-вакуумной изоляцией и внутренней трубой из стали 12X18H10T или аналога.
2. Трубопроводы с аэрогелевой изоляцией и внутренней трубой из стали ASTM A553 (9% Ni) или аналога.
3. Трубопроводы с экранно-вакуумной или аэрогелевой изоляцией и внутренней трубой из инвара (36% Ni).
4. Трубопроводы с полиуретановой изоляцией и внутренней трубой из инвара или ASTM.

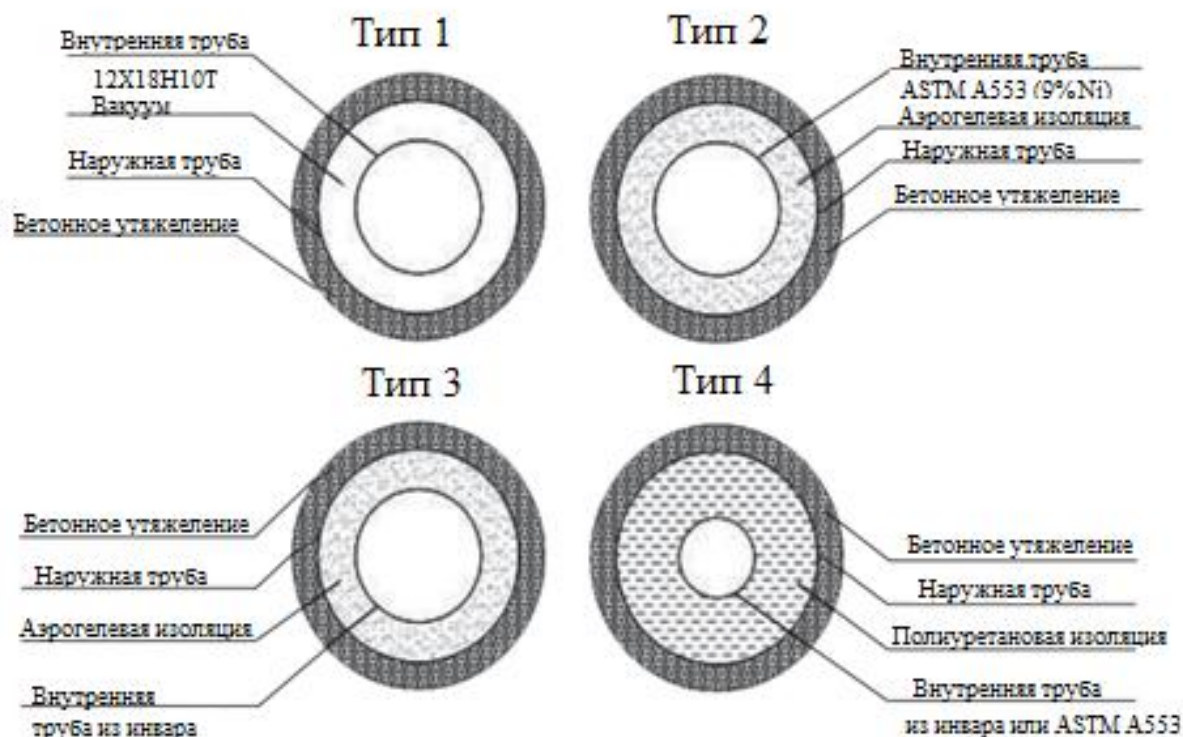


Рис. 3 – Основные типы криогенных трубопроводов

Примечание: слой бетонного утяжеления представлен исходя из возможности прокладки рассматриваемых трубопроводных систем по дну моря.

Проведя анализ параметров криогенных разработок с учетом теплопроводности, капитальных затрат на строительство трубопровода и затрат на его эксплуатацию, можно выделить трубопровод типа 2.

Таблица 2 – Основные параметры криогенных трубопроводов различных типов

Тип	Теплопроводность, Вт/м ² /К	Условные капитальные затраты	Условные эксплуатационные затраты
1	0,035-0,07	2	3
2	0,131-0,134	1	2
3	0,12-0,131	4	2
4	0,132	3	2

Примечание: затраты приведены по 4-балльной шкале от 1 (минимальные) до 4 (максимальные)

Для сравнительного анализа характеристик трубопроводного транспорта двух видов агрегатного состояния природного газа, рассмотрены диаметры трубопроводов в соответствии с ГОСТ10704-91 (трубы стальные электросварные прямошовные) [3]. Выбор марки труб обусловлен тем, что первоначальная задача исследования заключалась в определении и анализе зависимости только основных показателей - пропускной способности и диаметра без учета экономических затрат на строительство и эксплуатацию криогенной системы трубопроводов. С помощью начальных параметров (скорость, диаметр трубопровода и заданное потребление) произведены вычисления пропускной способности по формуле 1:

$$Q = \frac{\pi d^2 V}{4} \quad (1)$$

Показатели скорости для расчета использованы практически возможные: для жидкой фазы $V = 1,5 \text{ м/с}$, а для газовой $V = 20 \text{ м/с}$. Сравнительный анализ пропускной способности в зависимости от диаметра трубопровода приведен на рисунке 4.

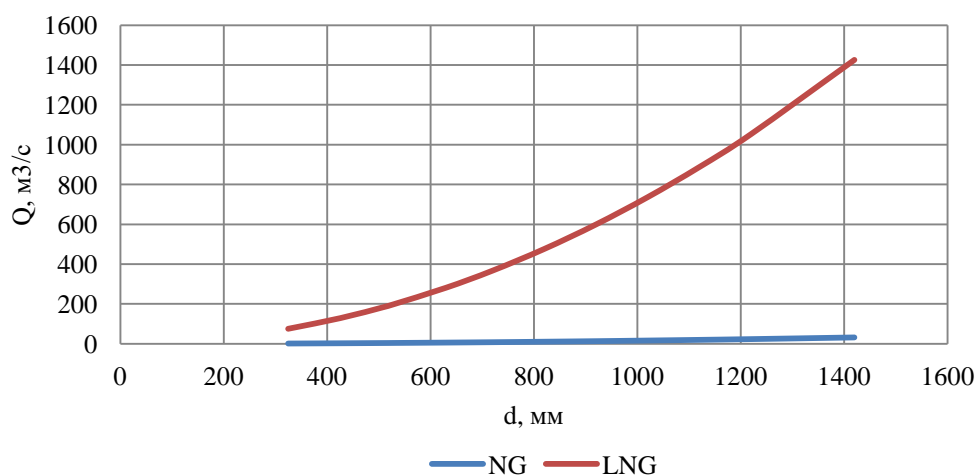


Рис. 4 – Сравнительный анализ расхода LNG и NG

Рисунок наглядно демонстрирует, что разница показателей транспортирования двух фазовых состояний природного газа существенна. Уменьшение объема топлива при сжижении в 600 раз значительно увеличивает показатели расхода СПГ за одинаковые промежутки времени. На основании чего существует возможность экономии на металлоемкости трубопроводов для сжиженного природного газа за счет уменьшения диаметра. Исходя из этого сравнительный анализ показателей максимального расхода, тоннажа, удельной теплоты сгорания с учетом потерь на сжижение приведен в соответствии с диаметрами труб для перекачки СПГ $d = 530 \text{ мм}$, а для природного газа $d = 1420 \text{ мм}$ (рисунок 5).

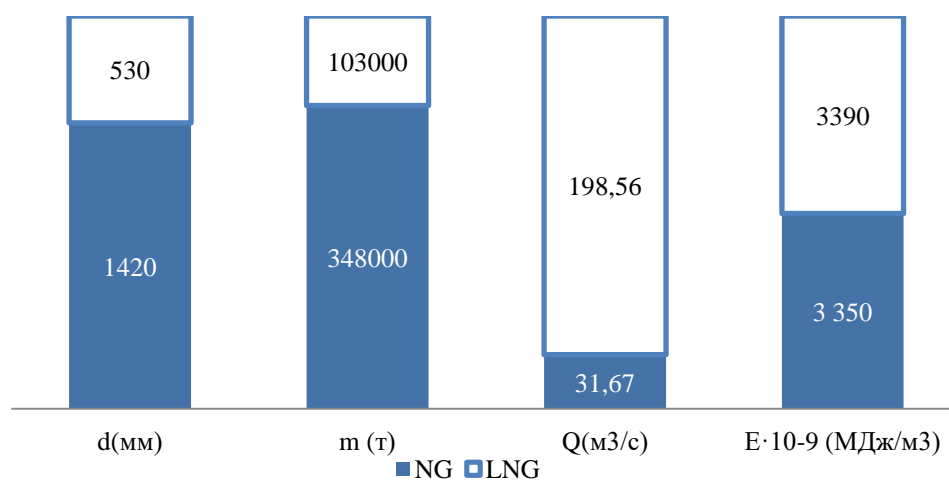


Рис. 5 – Сравнительный анализ показателей СПГ и природного газа

Показатели металлоемкости приведены для прокладки трубопровода на длину $L = 26 \text{ км}$. Удельная теплота сгорания СПГ значительно больше, чем у регазифицированного, но с учетом того, что 25% энергии от всего объема топлива требуется на его же сжижение, эти показатели близки по своим значениям.

В рамках исследования помимо трубопроводов СПГ рассмотрены трубопроводные системы с двухфазовым течением природного газа. При транспорте газожидкостной смеси по горизонтальным трубопроводам тип потока определяется его свойствами и объемным потоком. Существуют экспериментально установленные режимы течения (типы потоков) жидкостей с вязкостями μ менее $0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ и газами, плотность которых примерно равна плотности воздуха (рисунок 6).

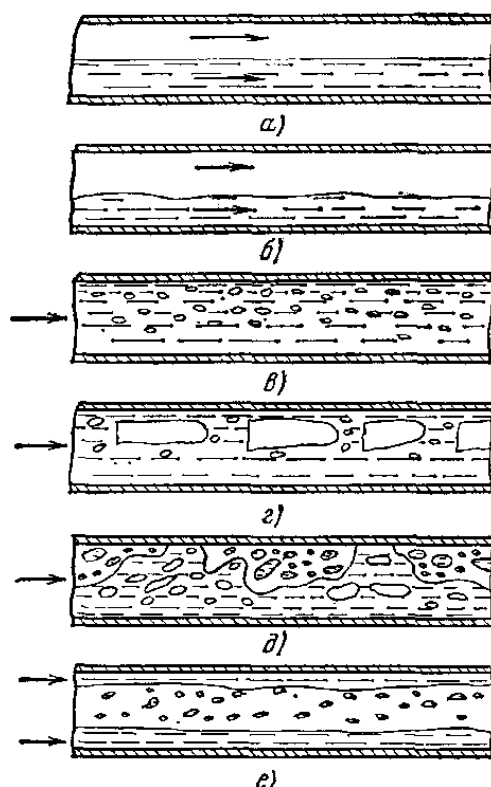


Рис.6 – Режимы течения двухфазных потоков в горизонтальных трубопроводах
 а) расслоенный; б) волновой; в) пузырьковый; г) снарядный;
 д) эмульсионный; е) дисперсно-кольцевой

1. Плоское течение (расслоенный поток) характеризуется движением жидкости по дну трубы, а газа по гладкой поверхности раздела фаз. При значении скоростей жидкости менее $0,15 \text{ м/с}$, газа – $0,6 - 3 \text{ м/с}$.

2. Волновое течение (волновой поток) характеризуется образованием волн на поверхности раздела фаз. Скорости жидкости менее $0,3 \text{ м/с}$, газа $\approx 4,5 \text{ м/с}$.

3. Пузырьковое течение (пузырьковый поток). Порции жидкости и газа попеременно движутся по верхней части трубы. Скорости жидкости менее $\approx 0,6 \text{ м/с}$, газа менее $\approx 0,9 \text{ м/с}$.

4. Поршневое течение (снарядный поток). Быстродвижущийся газ периодически подхватывает порцию жидкости и образует пенную пробку. Скорость газового снаряда больше, чем средняя скорость жидкости. Поршневому режиму характерны интенсивные вибрации трубопроводов (например фитинги).

5. Эмульсионный режим имеет однородную структуру. Пузырьки газа неправильной формы.

6. Дисперсно-кольцевой режим. Одна из фаз движется в ядре потока, а другая в пленке на стенке. Такой режим применим при захлаживании трубопровода криогенными жидкостями и высоких скоростях потока.

В ходе исследования для транспорта природного газа в виде газожидкостной смеси были рассмотрены два режима: дисперсно-кольцевой и расслоенный.

Сложность расчетов при дисперсно-кольцевом режиме заключается в том, что газожидкостной поток движется в пульсирующем режиме с постоянством частоты изменения параметров. Поэтому необходимо рассматривать участки малой протяженности, чтоб показатели гидравлических сопротивлений были наиболее точные.

Вначале гидравлического расчета следует определить, какая среда (жидкость или газ) является активной дисперсионной средой. Если газосодержание $\beta > 0,7$, трубопровод рассчитывается по формулам, с учетом сжимаемости среды, вязкости газа. В таком случае жидкая фаза распределится по стенке трубопровода, а газ в ядре потока. Если газосодержание $\beta < 0,5$, то расчет ведется по жидкости с учетом ее вязкости. В расчетах следует использовать плотность смеси.

В рамках исследования дисперсно-кольцевого режима были рассчитаны потери давления для двух случаев транспортировки [4]:

1. Расход газа $Q_{\text{г}} = 1800 \text{ м}^3 / \text{ч}$, расход жидкой фазы $Q_{\text{л}} = 700 \text{ м}^3 / \text{ч}$ (активная среда – газ)

2. Расход газа $Q_{\text{г}} = 700 \text{ м}^3 / \text{ч}$, расход жидкой фазы $Q_{\text{л}} = 1800 \text{ м}^3 / \text{ч}$ (активная среда – СПГ)

Исходные данные для гидравлического расчета были взяты экспериментально для наглядного результата. Так, длина трассы трубопровода $L = 26 \text{ км}$, давление на одном конце трассы $p_1 = 5 \text{ МПа}$, скорость смеси $V = 10 \text{ м/с}$, что характерно для рассматриваемого потока.

Для создания дисперсно-кольцевого режима необходимо, чтобы максимальная напряженность поля превышала разницу значений удельного веса двух фаз (формула 2):

$$\frac{6,16V^2\rho_{см}}{D} > \gamma_{жс} - \gamma_z \quad (2)$$

Если неравенство выполняется, то необходимо определение расчетного диаметра потока с учетом коэффициента α для дисперсной системы, который характеризует положение равновесия напряженности поля и $\gamma_{жс} - \gamma_z$. Таким образом расчетный диаметр вычисляется по формуле 3:

$$D_p = 0,5D(1 + \alpha) \quad (3)$$

где D – предварительно выбранный диаметр.

Значение числа Рейнольдса Re определяется по формуле 4 с учетом скорости движения смеси, плотности смеси и вязкости активной среды.

$$Re = \frac{UD\rho}{\mu} \quad (4)$$

В результате расчетов значение критерия Рейнольдса $Re > 2300$, таким образом, дисперсно-кольцевой поток является автомодельным режимом, в котором коэффициент гидравлического трения не учитывает шероховатость стенок трубопровода и вычисляется по формуле 5:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad (5)$$

Расчет давления на конце трассы рассчитывается по формуле 6:

$$p_2 = \left[p_1^2 + \frac{4200\lambda\rho_{см}Q^2T_{ср}L}{D_p^5} \right]^{0,5} \quad (6)$$

где $\rho_{см}$ - плотность смеси, Q - расход активной фазы, м³/с, $T_{ср}$ - средняя температура смеси, К.

Если неравенство (2) не выполняется, то есть напряженности пограничного слоя будет недостаточно для реализации дисперсной структуры потока, то установится слоистое течение. Это возможно при значении скорости смеси $V = 0,5 м / с$. В таком случае расчетный диаметр вычисляется по формуле 7:

$$d_p = \left[\frac{2,772V^2\rho_{см}\rho_{жс}D^4}{\gamma_{жс} - \gamma_z} \right]^{0,2} \quad (7)$$

Произведенные расчеты показали, что потери давления при слоистом режиме течения намного выше, чем при дисперсно-кольцевом. Сравнивая аналогичные показатели для двух случаев высокоскоростного потока, показатели потерь выше при жидкой активной фазе. Результаты исследования продемонстрированы на рисунке 7.

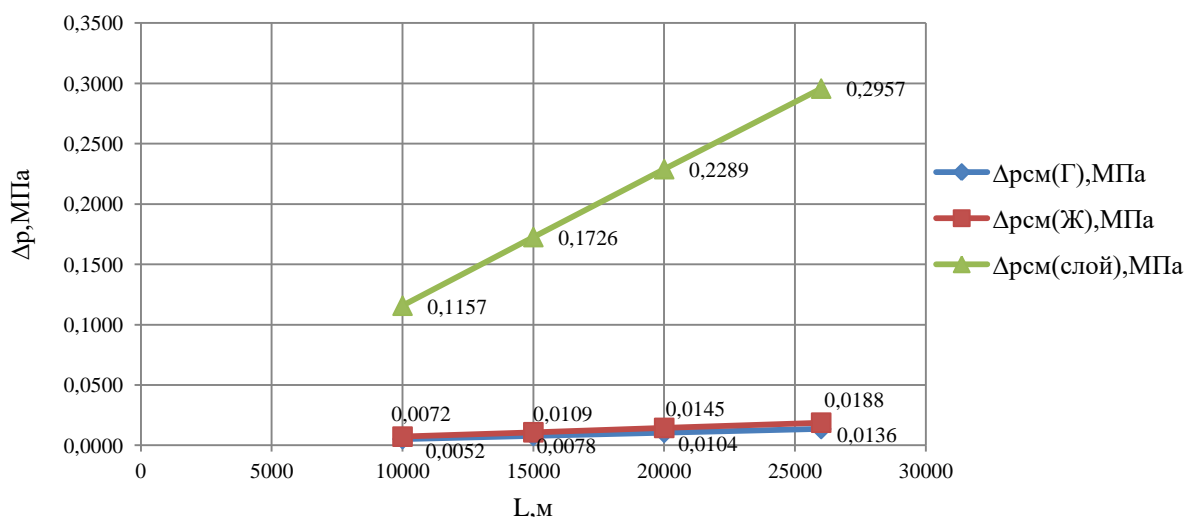


Рис.7 – Сравнительный анализ потерь давления на участке трубопровода при дисперсно-кольцевом и слоистом течениях

Примечание: $\Delta p_{см}(Г)$ - потери давления при дисперсно-кольцевом течении (активная среда – газ);

$\Delta p_{см}(Ж)$ – потери давления при дисперсно-кольцевом течении (активная среда – СПГ);

$\Delta p_{см}(слой)$ – потери давления при слоистом течении

Не изменяя исходные данные, произведен расчет потерь давления для однофазных потоков СПГ и газовоздушной среды. Сравнительный анализ показал, что из рассматриваемых методов транспортировки природного газа наименьшие показатели гидравлического сопротивления имеет дисперсно-кольцевой режим (рисунок 8).

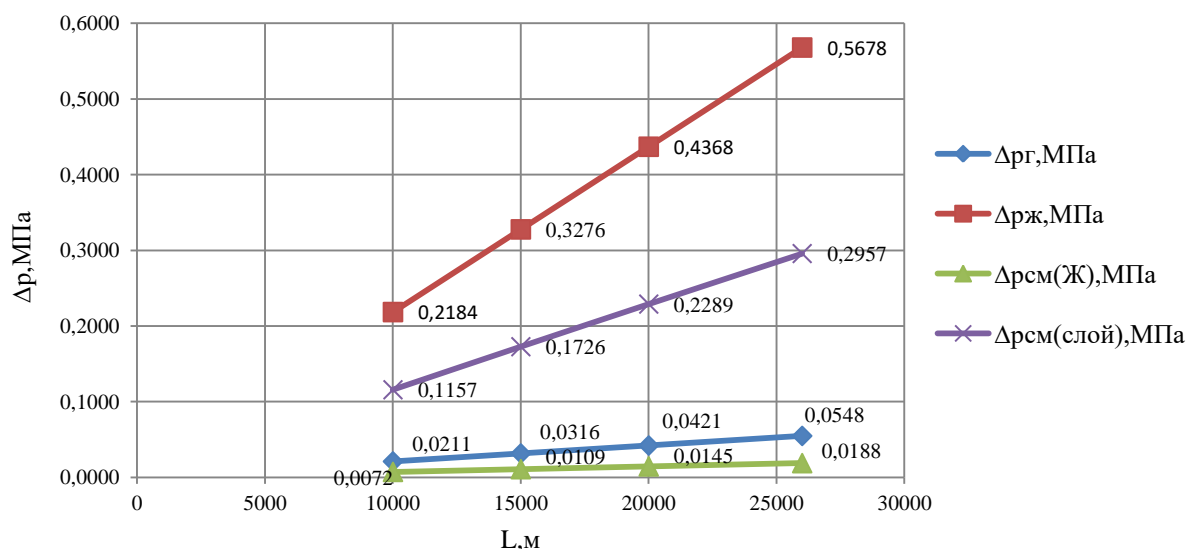


Рис. 8 – Сравнительный анализ потерь давления на участке трубопровода для двухфазных и однофазных режимов течения природного газа

Примечание: $\Delta p_{\text{г}}$ – потери давления при транспорте газовоздушной фазы; $\Delta p_{\text{ж}}$ – потери давления при транспорте СПГ; $\Delta p_{\text{см(Ж)}}$ – потери давления при дисперсно-кольцевом течении (активная среда – СПГ); $\Delta p_{\text{см(слой)}}$ – потери давления при слоистом течении

В результате проведения сравнительного анализа однофазного и двухфазного режимов перекачки природного газа по трубопроводам можно сделать следующие выводы: во-первых, уменьшение объема топлива при сжижении в 600 раз значительно увеличивает показатели расхода СПГ за одинаковые промежутки времени. Во-вторых, при проектировании трубопровода СПГ существует возможность экономии на металлоемкости за счет уменьшения диаметра труб. В-третьих, при сравнении однофазного и двухфазного потоков, гидравлический расчет показал, что наименьшие потери давления имеет дисперсно-кольцевой режим течения.

Для проектирования трубопровода СПГ необходимо учитывать не только характеристики материала труб и изоляции, а также параметры перекачки, внешнего воздействия. Требуется обеспечить компенсацию температурных деформаций при понижении температуры, а также безопасность эксплуатации криогенных трубопроводов. Таким образом, существует необходимость в дальнейшем исследовании проблемы использования магистрального трубопровода для жидкой фазы природного газа с учетом разработок нормативной документации и методик для проектирования, строительства и эксплуатации трубопроводного транспорта СПГ.

Список литературы / References

1. Дерцакян А.К. Справочник по проектированию магистральных трубопроводов / А.К. Дерцакян, М.Н. Шпотаковский, В.Г. Волков – Л.: «Недра», 1977. – 519 с.
2. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. / Б.С. Рачевский – М.: «НЕФТЬ и ГАЗ», 2009. – 640 с.
3. ГОСТ10704-91. Трубы стальные электросварные прямшовные. – Введ. 1993-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007.
4. Ситенков В.Т. Гидравлика. Теория и расчет двухфазных систем / В.Т. Ситенков – Нижневартовск: 2006. – 204 с.
5. Ленский В. Подводные СПГ-трубопроводы / В. Ленский, О. Фисенко, П. Курис и др. // Offshore (Russia). Трубопроводы. – 2016. – №11. – С. 66-71.
6. Никитина А. Россия оценивает свои СПГ-возможности [Электронный ресурс] / А. Никитина // Нефтегазовая Вертикаль. – 2016. - №1. – URL: <https://goo.gl/V0VbWb> (дата обращения 15.03.2017).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Dertsakyan A. K. Spravochnik po proektirovaniyu magistral'nyh truboprovodov [a Handbook on designing of main pipelines] / Shpotakovskiy M. N., Volkov V. G. – Leningrad, Nedra, 1977, 519 p. [in Russian]
2. Rachevsky B. S. Szhizhennyj prirodnyj gaz [Liquefied petroleum gases] / B. S. Rachevsky, M. – OIL and GAS, 2009, 640 p. [in Russian]
3. GOST10704-91. Truby stal'nye jelektrosvarnye prjamoshovnye [Electrically welded steel Pipes According to] – Vved. 1993-01-01. – М.: Standartinform, 2007. [in Russian]
4. Sitenkov V.T. Gidravlika. Teorija i raschet dvuhfaznyh sistem [Hydraulics. Theory and calculation of two-phase systems] / V.T. Sitenkov – Nizhnevartovsk, 2006, 204 p. [in Russian]
5. Lenskij V. Podvodnye SPG-truboprovody [Underwater LNG pipelines] / V. Lenskij, O. Fisenko, P. Kuris and others. // Offshore (Russia). Truboprovody. – 2016. – №11. – P. 66-71. [in Russian]
6. Nikitina A. Rossiya ocenivaet svoi SPG-vozmozhnosti [Russia estimates its LNG capabilities] [Electronic resource] / A. Nikitina // Neftegazovaja Vertikal'. – 2016. - №1. – URL: <https://goo.gl/V0VbWb> / (accessed: 15.03.2017). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.163>Воронов В.А.¹, Самигуллин Г.Х.², Рузманов А.Ю.³¹ORCID: 0000-0002-4105-0739, Кандидат технических наук,²Доктор технических наук,³ORCID: 0000-0001-5790-9942, Соискатель,

Санкт-Петербургский горный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТУРБОДЕТАНДЕРА**Аннотация**

В работе рассматриваются варианты применения турбодетандерных установок на газораспределительных станциях (ГРС) с целью преобразования и использования энергии, заложенной в магистральные газопроводы. Предложен способ реализации подобного рода проектов за счет применения предлагаемых в работе схем подключения оборудования. Приведены оптимальные способы применения получаемой полезной мощности на валу турбодетандера, обеспечивающие максимальный положительный эффект от реализации проекта. Произведена оценка значимости реализации предлагаемых мероприятий.

Ключевые слова: турбодетандеры, газораспределительная станция, природный газ, электроэнергия, мощность, сжиженный природный газ (СПГ).

Voronov V.A.¹, Samigullin G.Kh.², Ruzmanov A.Yu.³¹ORCID: 0000-0002-4105-0739, PhD in Engineering,²PhD in Engineering, ³ORCID: 0000-0001-5790-9942, External doctorate student,

St. Petersburg Mining University

INCREASING ENERGY CHARACTERISTICS OF GAS DISTRIBUTION STATIONS USING TURBO-EXPANDER**Abstract**

In this work, we consider options of the use of turbo-expander units at gas distribution stations (GDS) for converting and using the energy in the gas trunk lines. A method for implementation of such projects is proposed with the use of equipment connection schemes proposed in the work. The optimal ways of usage of the obtained useful power on the turbo-expander shaft are presented; they provide the maximum positive effect from the project implementation. The evaluation of the implementation significance of the proposed activities is made.

Keywords: turbo-expanders, gas distribution station, natural gas, electricity, power, liquefied natural gas (LNG).

В стандартной постановке задачи газораспределительные станции (ГРС) используются для снижения давления магистрального потока газа и его последующего распределения с целью дальнейшей поставки конечному потребителю по газораспределительной сети. При такой, наиболее простой схеме, избыточная энергия магистрального потока газа расходуется на преодоление сопротивления дроссельных клапанов, что приводит к снижению давления газа до требуемой величины, но также приводит и к пустому растрачиванию значительного количества энергии потока газа.

На сегодняшний день уже существует достаточно простое, но в то же время эффективное и успешное доказать свою надежность решение проблемы извлечения избыточной энергии магистрального потока – введение в эксплуатацию ГРС турбодетандеров. Рациональным вариантом для использования на ГРС при больших расходах газа являются турбодетандеры с односторонними, полуоткрытыми, радиально-осевыми рабочими колесами (рис. 1). [1, С. 50]

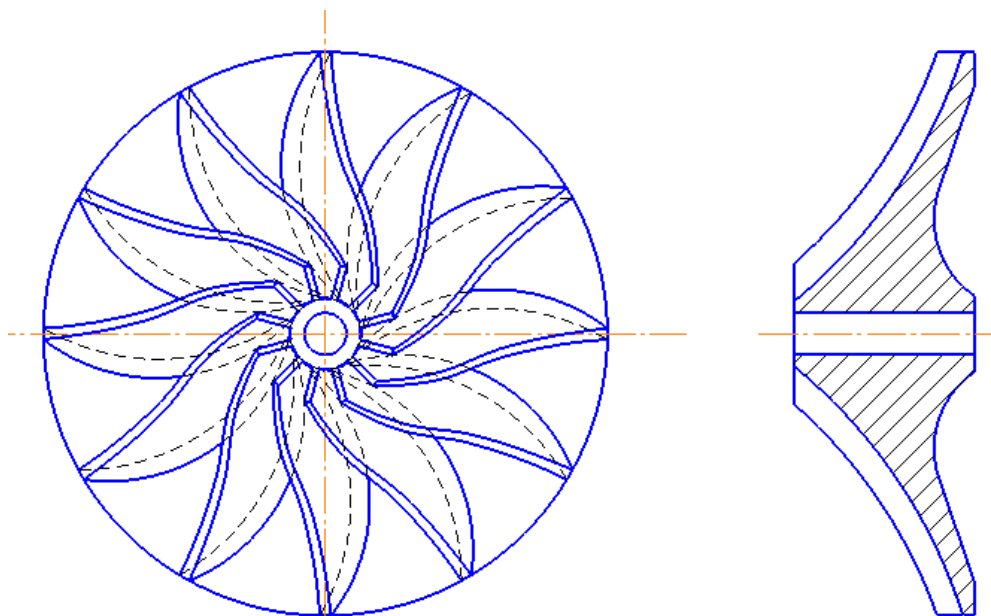


Рис. 1 – Рабочее колесо турбодетандера

Наиболее простая и надежная схема подключения турбодетандера к существующим коммуникациям ГРС, опробованная на практике, представлена на схеме (рис. 2). [2, С. 62] Красным цветом (рис. 2) выделены линии, необходимые для внедрения турбодетандера. Подключение турбодетандера параллельно узлу редуцирования станции позволяет минимизировать затраты на строительно-монтажные работы, а также при высокой степени надежности обеспечить широкий диапазон регулирования расхода газа через турбодетандерный агрегат.

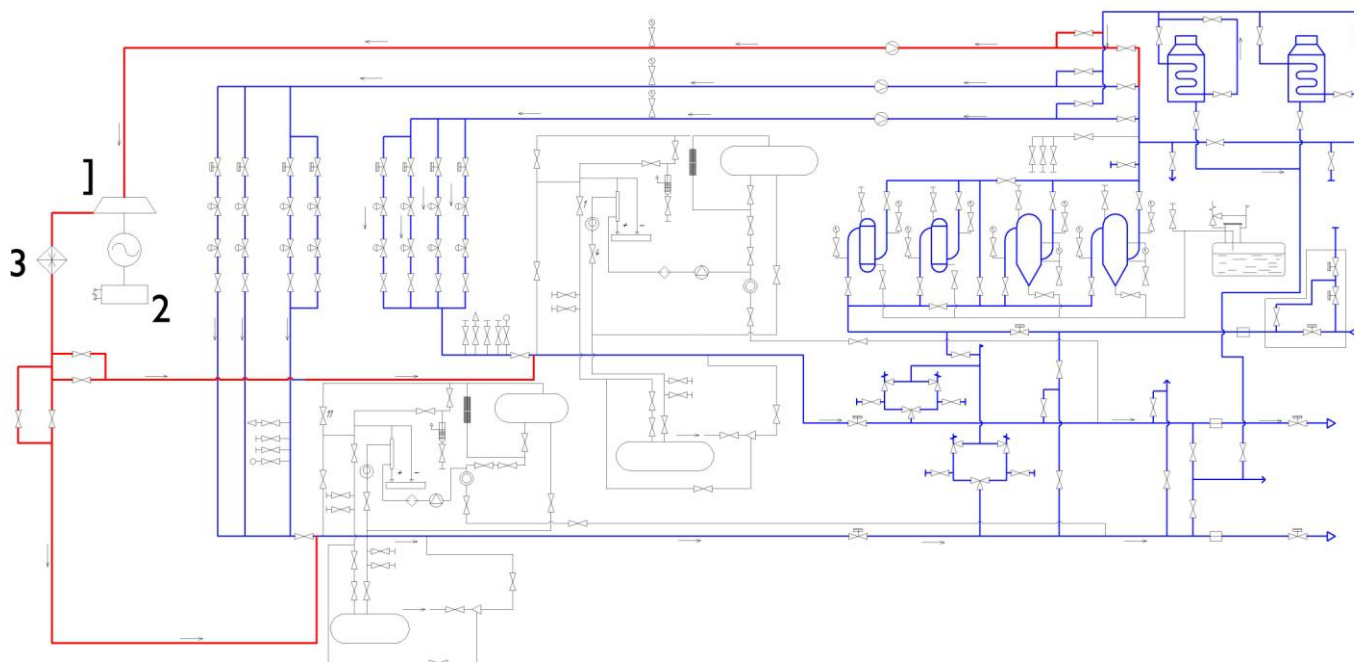


Рис. 2 – Технологическая схема ГРС с подключенным турбодетандером:
1 – турбодетандер; 2 – электрический генератор; 3 – установка подогрева газа

Использование полезной мощности турбодетандерной установки при ее внедрении в эксплуатацию таких производственных объектов как газораспределительные станции (ГРС) является одним из ключевых вопросов как с экономической, так и с технологической точек зрения.

К числу наиболее перспективных направлений реализации потенциала полезной мощности на валу турбодетандера относится получение сжиженного природного газа (СПГ) в условиях ГРС. Реализации таких проектов способствует не только большой объем накопленного опыта по использованию подобного рода установок для решения схожих задач, но и низкие температуры потока газа на выходе из турбодетандера (около 200К).

Так еще в советское время была разработана технология получения сжиженного природного газа на ГРС (при этом сжижается не весь природный газ, проходящий через ГРС, а только небольшая его доля; для сжижения фактически используется энергия расширения сжатого газа, поступающего на ГРС из магистрального газопровода). Однако уже на сегодняшний день существует несколько схем получения СПГ в малотоннажном объеме. Наиболее эффективными из них являются схемы с интегрированным детандером и флэш-циклом (Integrated methane expander and flash cycle). [3, Р. 30]

Предлагаемая схема получения СПГ в условиях ГРС полностью основана на выше обозначенном высокоэффективном методе (рис. 3).

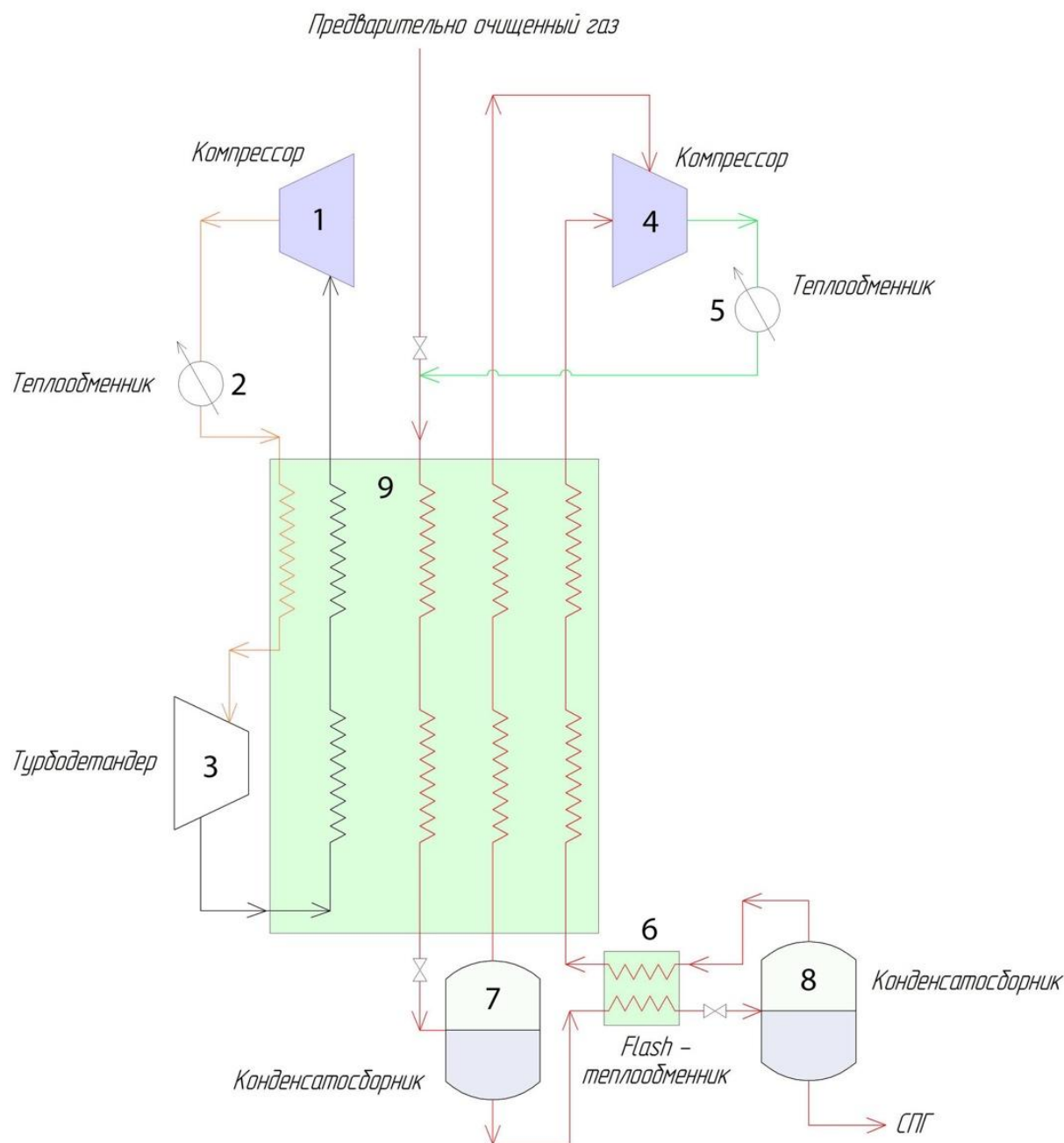


Рис. 3 – Принципиальная схема установки по получению СПГ:

1 – компрессор основного цикла; 2 – теплообменник типа холодильник основного цикла; 3 – турбодетандер основного цикла; 4 – компрессор цикла сжижения паровой фазы; 5 – теплообменник типа холодильник цикла сжижения паровой фазы; 6 – flash-теплообменник; 7 – конденсатор; 8 – конденсатор

Предварительно очищенный и осушенный природный газ, проходя через турбодетандер теряет часть энергии, в результате чего давление технологического потока снижается, а рабочее колесо турбодетандера получает вращательное движение, которое затем передается на вал турбодетандера, который в свою очередь подключен к электрогенератору, что позволяет вырабатывать значительное количество электроэнергии (для ГРС “Сокол” при среднем значении расхода газа эффективная мощность на валу турбодетандера составит 816 кВт, что позволит обеспечить выработку электроэнергии на установке в 659 кВт).

После турбодетандера поток газа разделяется на две части, одна из которых уходит к потребителю через существующие технологические линии ГРС, а другая идет на сжижение.

Так компрессор 1, теплообменник 2 и детандер 3 представляют собой составные части теплообменника с хладагентом, в роли которого выступает метан (CH_4).

Компрессор 4, теплообменник 5, flash-теплообменник 6, а также конденсаторы 7 и 8 – являются оборудованием, обеспечивающим 100% сжижение всего отведенного на установку потока газа.

Схема теплообменной установки 9 позволяет эффективно использовать не только мощности теплообменника с хладагентом, но и низкие температуры паровой фазы в конденсаторах.

К преимуществам установки следует отнести:

- Сравнительно низкое количество горючего хладагента по сравнению с иными схемами, использующими метан в качестве хладагента;
- Процесс имеет высокую эффективность и требует относительно небольшого оборудования и размеров трубопроводов;
- Доступность метана, как хладагента, в отличие от азота, что позволяет снизить затраты на сооружение систем хранения и транспортировки хладагента;
- Хладагент и технологический поток имеют одинаковый качественный состав, что исключает перекрестное загрязнение двух потоков и их влияние на эффективность процесса эксплуатации установки.

Подключение мини-завода, построенного по предлагаемой схеме, к ГРС потребует также строительства линии дополнительной очистки газа, которую предлагается установить перед турбодетандерной установкой (рис. 4) в виду того, что дополнительная очистка газа перед его дросселированием позволит избежать выпадения гидратов в корпусе турбодетандера и позволит сэкономить на его периодическом обслуживании.

Технологическое оборудование и линии мини-завода подключаются после турбодетандера (рис. 3), в точке разделения потока газа на две части: поток газа на сжижение (к мини-заводу) и поток газа к потребителю (к технологическому оборудованию ГРС). Такой вариант подключения мини-завода позволяет наиболее полно использовать низкие температуры газа на выходе из турбодетандера.

Помимо основной технологической линии мини-завода по производству СПГ предполагается и строительство резервуарного парка (рис. 4) для хранения готовой продукции (СПГ) и узла отпуски продукции в автоцистерны (рис. 4).

Наличие дополнительных узлов очистки газа и резервуарного парка СПГ предполагает строительство факельной установки (рис. 4), используемой для сжигания газа в случае продувки очистного оборудования или сброса газовой фазы из резервуаров СПГ в результате срабатывания предохранительных сбросовых клапанов.

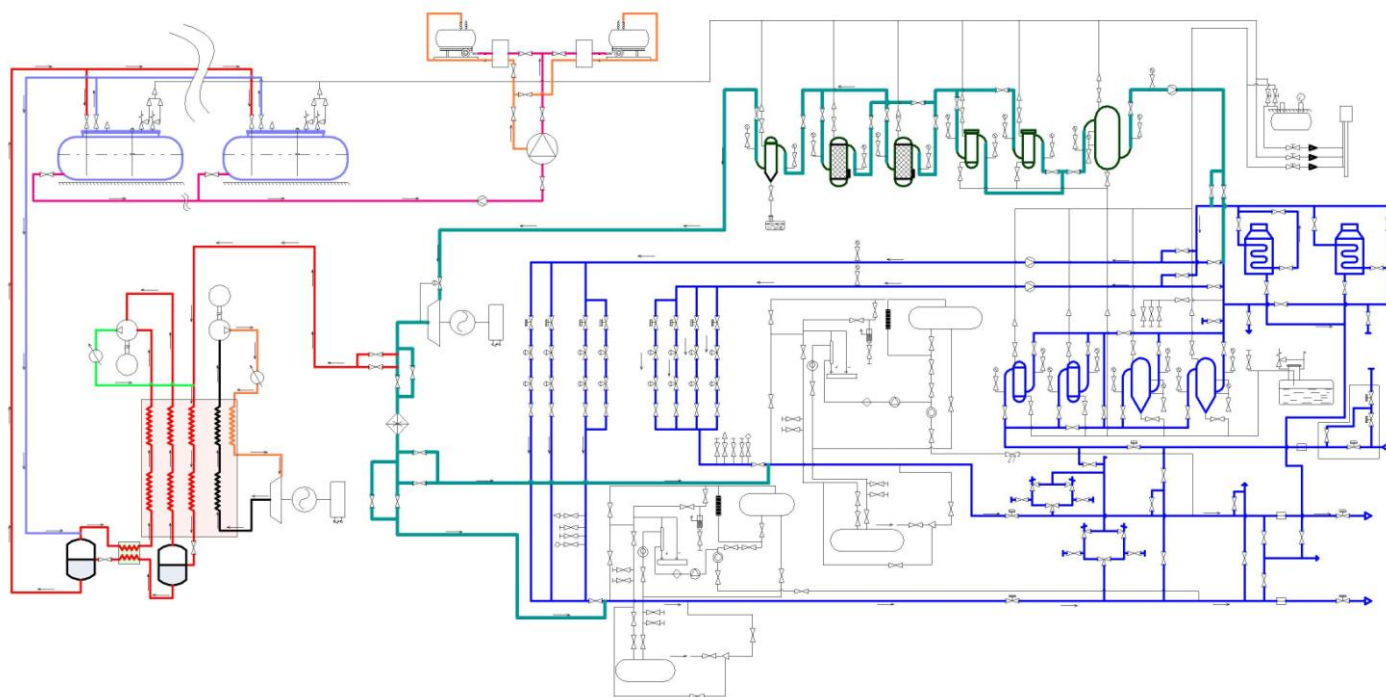


Рис. 4 – Принципиальная схема ГРС с подключенным турбодетандером и мини-заводом СПГ схемы “Integrated methane expander and flash cycle”

Представленная схема позволяет не только получать СПГ с средней производительностью 1,2 т/час в условиях ГРС “Сокол”, но и весьма эффективно использовать избыточную энергию магистрального потока. Так полезная мощность на валу турбодетандера на первом этапе преобразуется в электрическую энергию, что позволяет покрывать значительную часть потребности в электроэнергии мини-завода СПГ. Если установить подобную систему и на турбодетандер 3 (рис. 3), то затраты на получение готовой продукции могут быть снижены в еще большей степени, что позволяет снизить себестоимость СПГ и увеличить значение чистой прибыли.

Использование полезной мощности на валу турбодетандера именно для получения электроэнергии с последующим ее использованием на нужды мини-завода СПГ, а не внедрение детандер-компрессорного агрегата, обусловлено несколькими факторами:

- Вариативность системы (возможность реализации электро-энергии в сети общего потребления);
- Отсутствие взаимозависимости мини-завода и турбодетандерной установки;
- Возможность реализации полезной мощности на валу турбодетандера 3 (рис. 2), установленного в рамках холодильного цикла мини-завода СПГ.

Таким образом, представленная принципиальная схема сочетает в себе реализацию ресурсо- и энергосберегающих технологий, потенциал СПГ как топлива будущего, новейшие методы его получения, а также значительный экономический потенциал. Кроме того, подобные проекты обеспечивают научный и технический потенциал для будущих энергоэффективных проектов в сфере транспорта и хранения природного газа.

Список литературы / References

1. Давыдов А.Б. Расчет и конструирование турбодетандеров / А.Б. Давыдов, А.Ш. Кобулашвили, А.Н.Шерстюк. – М. : Машиностроение, 1987. – 232 с.
2. Диких Б.А. Обзор современных конструкций турбодетандерных генераторов / Б.А.Диких, Б.М. Бояринов, А.А. Авлошенко. – СПб : ООО НТЦ МТТ, 2008. – 90 с.
3. Roberts M.J. Briton refrigeration cycles for small-scale LNG / Mark J. Roberts, Fei Chen, Öznur Saygi-Arslan // Gas Processing. – 2015. – Vol. 4(1). – P. 27-32.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Davydov A.B. Raschet i konstruirovaniye turbodetanderv [Calculation and design of turbines] / A.B. Davydov, A.Sh. Kobulashvili, A.N.Sherstjuk. – М. : Mashinostroenie, 1987. – 232 P. [in Russian]
2. Dikih B.A. Obzor sovremennykh konstrukcij turbodetandernykh generatortov [Review of modern turbo-expander designs gene-operators] / B.A.Dikih, B.M. Bojarinov, A.A. Avloshenko. – SPb : ООО NTC «MTT», 2008. – 90 P. [in Russian]
3. Roberts M.J. Briton refrigeration cycles for small-scale LNG / Mark J. Roberts, Fei Chen, Öznur Saygi-Arslan // Gas Processing. – 2015. – Vol. 4(1). – P. 27-32.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.048>Дрововозова Т.И.¹, Паненко Н.Н.², Кулакова Е.С.³

¹ORCID: 0000-0002-8724-7799, Доцент, Доктор технических наук, ²ORCID: 0000-0003-4426-7762, Ассистент, ³ORCID: 0000-0001-6778-1401, Кандидат технических наук, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова Донского государственного аграрного университета

ПОВЫШЕНИЕ САНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация

Определена проблема очистных сооружений канализации, обусловленная сбросом либо недоочищенных, либо полностью неочищенных сточных вод в водоём. С целью повышения экологической безопасности очистных сооружений канализации предложено путём усовершенствования схемы очистки сточных вод, заменить на стадии обеззараживания молекулярный хлор на комбинированное обезвреживание пероксидом водорода с последующей доочисткой на модифицированной фильтрующей загрузке и обеззараживание низкоконцентрированным гипохлоритом натрия.

Ключевые слова: доочистка, фильтрование, сточная вода, пероксид водорода, гипохлорит натрия.

Drovovozova T.I.¹, Panenko N.N.², Kulakova E.S.³

¹ORCID: 0000-0002-8724-7799, Associate professor, Doctor of Technical Sciences, ²ORCID: 0000-0003-4426-7762, Assistant, ³ORCID: 0000-0001-6778-1401, Candidate of Technical Sciences, Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University.

IMPROVING SANITARY AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF SEWAGE WATERS

Abstract

The problem of sewage treatment facilities is caused by the discharge of either under-treated or completely untreated sewage water into the reservoir. In order to improve the environmental safety of sewage treatment facilities, it was proposed to improve the sewage treatment scheme, to replace the molecular chlorine for the decontamination with hydrogen peroxide at the disinfection stage, followed by post-treatment with a modified filtering load and disinfection with low-concentration sodium hypochlorite.

Keywords: post-treatment, filtration, sewage water, hydrogen peroxide, sodium hypochlorite.

В последние десятилетия природные водные объекты, прилегающие к городам и сельским поселениям, испытывают интенсивную антропогенную нагрузку, обусловленную сбросом либо недоочищенных, либо полностью неочищенных сточных вод. Это, в свою очередь, приводит к тому, что водные объекты становятся не пригодными для использования их в качестве источников питьевого водоснабжения. Создавшаяся ситуация свидетельствует о недостаточно эффективной работе очистных сооружений канализации и, как следствие, о необходимости их реконструкции. Кроме того, большинство очистных сооружений канализации в России по-прежнему использует в качестве обеззараживающего реагента газообразный хлор, являющийся одним из наиболее опасных веществ с точки зрения возникновения чрезвычайной ситуации.

В связи с вышеизложенным, целью работы является повышение экологической безопасности очистных сооружений канализации путем усовершенствования схемы очистки сточных вод, замены на стадии обеззараживания молекулярного хлора на комбинированное обезвреживание пероксидом водорода с последующей доочисткой на модифицированной фильтрующей загрузке и обеззараживание низкоконцентрированным гипохлоритом натрия.

В качестве объекта исследования были выбраны типовые очистные сооружения канализации (КОС), включающие механическую, биологическую очистку и обеззараживание жидким хлором.

Физико-химический состав очищенных сточных вод (ОСВ) КОС показал, что вода не соответствует требованиям при выпуске в природный водоём по содержанию взвешенных веществ, нитритов, нитратов, фосфору, по показателю ХПК. При сбросе ОСВ в рыбохозяйственный водоём установлены следующие нормы, мг/дм³: ВВ – 3,0; ХПК – 15,0; БПК₅ – 2,0; NH₄⁺ – 0,4; NO₃⁻ – 9,0; NO₂⁻ – 0,02; фосфаты (по фосфору) – 0,05 [1, с. 11].

Данные лабораторных исследований показали, что содержание азота нитратов в очищенных сточных водах превышает нормативный в 6 раз, азота нитритов в 5 раз, фосфата (по фосфору) в 52 раза, взвешенных веществ – в 3 раза, по показателю ХПК – в 2 раза (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты химических анализов сточных вод, поступающих и очищенных на очистных сооружениях (на примере реального объекта)

Определяемые компоненты, мг/дм ³	Место отбора		
	Приемная камера промышленных стоков	Приемная камера бытовых стоков	Биологические пруды
Взвешенные вещества (ВВ)	124	176,4	9,6
Сухой остаток	1188	896	1004
Хлориды	138	179	167
SO ₄ ²⁻	422	269	317
NH ₄ ⁺ (N ₂)	2,5	24,5	0,28
NO ₂	0,08	0,2	0,096
NO ₃	1,42	1,24	55,8
PO ₄ ³⁻ (P)	0,4	2,6	2,6
O ₂	-	-	4,0
ХПК	172	192	28
БПК ₅	86,3	97,5	3,15
АПАВ	0,84	0,53	0,051

Высокое значение ХПК свидетельствует о наличии в сточной воде большого количества трудноокисляемых органических соединений, поэтому дальнейшее хлорирование такой воды неизбежно приведёт к образованию в ней хлорорганических производных, которые в последующем беспрепятственно поступают в природный водоём. Выше указанные обстоятельства указывают на необходимость использования экологически безопасного сильного окислителя, каким, на наш взгляд, является пероксид водорода (H₂O₂), и последующего фильтрования с целью удаления взвешенных веществ и нежелательных компонентов.

Учитывая химический состав сточных вод и удельные дозы пероксида водорода, определена максимальная концентрация H₂O₂, необходимая для обезвреживания сточных вод КОС, которая составляет 10 мг/дм³.

Сточная вода, отобранная во вторичном отстойнике КОС и обработанная раствором пероксида водорода в концентрации 10 мг H₂O₂/дм³, профильтрована через модельный фильтр, высотой 400 мм, диаметром 50 мм, содержащий модифицированную фильтрующую загрузку.

Модифицированная загрузка, состоит из следующих материалов (послойно): антрацита, перлита с размерами зерен 2-3 мм, анионита. Перлит – это природный материал, который состоит из вулканического стекла, в составе которого 70-75% SiO₂; 12-14% Al₂O₃; 3-5% Na₂O; примерно столько же K₂O; до 1% Fe₂O₃, CaO, MgO. Одной из особенностей перлита, как природного материала, является достаточно высокая абсорбционная способность. Природный материал – антрацит – обладает высокой адсорбционной способностью в отношении органических соединений, а также механических примесей в очищаемой воде. Сильнокислотный анионит рекомендуется использовать для удаления из воды ионов биогенов.

В отфильтрованной воде были определены следующие показатели: взвешенные вещества, азот нитратов, азот нитритов, фосфаты (по фосфору), ХПК. Все анализы выполнялись в аккредитованной лаборатории очистных сооружений канализации по гостированным методикам [2-6]. В табл. 2 представлены результаты физико-химических исследований сточной воды до выше указанной доочистки и после неё.

Таблица 2 – Концентрации загрязняющих веществ в сточной воде до и после рекомендуемой доочистки.

Определяемый компонент	Содержание до доочистки, мг/дм ³	Содержание после доочистки, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³	Нормативно-допустимые сбросы, мг/дм ³
Взвешенные вещества	9,6	отсутствуют	3,0	10,11
Азот нитритов	0,096	отсутствует	0,02	0,008
Азот нитратов	55,8	2,31	9,0	14,48
Фосфаты (по фосфору)	2,6	отсутствует	0,05	0,2
ХПК	28	15	15	-

Полученные результаты показали, что после прохождения воды через модифицированную загрузку, состоящую из антрацита, перлита и анионита послойно, степень очистки сточной воды значительно повышается: по содержанию взвешенных веществ на 100%, по азоту нитритов и фосфату – на 100%, по азоту нитратов – на 95,7 %.

Таким образом, для эффективной очистки сточных вод, характеризующихся содержанием взвешенных веществ и биогенов в концентрациях, превышающих ПДК, рекомендуется применять модифицированную загрузку из искусственного материала (анионита) и материалов естественного происхождения – антрацита и перлита, сочетание которых позволяет увеличить эффект очистки каждого из них, с одной стороны, а, с другой – уменьшить объёмы загрузок, что позволит снизить экономические затраты на очистку.

Поскольку пероксид водорода относится к веществам 2 класса опасности, содержание которого в природных водах выше предельно допустимой концентрации является недопустимым и опасным как для здоровья человека, так и для жизнедеятельности всех гидробионтов, с другой стороны, пероксид водорода является наиболее экологически безопасным реагентом, позволяющим удалять из сточной воды, окисляемые органические и неорганические соединения, возникает необходимость определения степени разложения пероксида водорода в сточной воде после фильтрования ее через фильтрующую загрузку.

Количество H_2O_2 в доочищенной сточной воде определяли перманганатометрическим титрованием. В сточную воду вносили раствор пероксида водорода в концентрации 10 мг/дм^3 в пересчёте на чистый H_2O_2 . Воду отфильтровывали через рекомендуемую фильтрующую загрузку определяли остаточную концентрацию пероксида в очищенной сточной воде. Результаты экспериментов представлены в табл. 3

Таблица 3 – Остаточные концентрации пероксида водорода в СВ

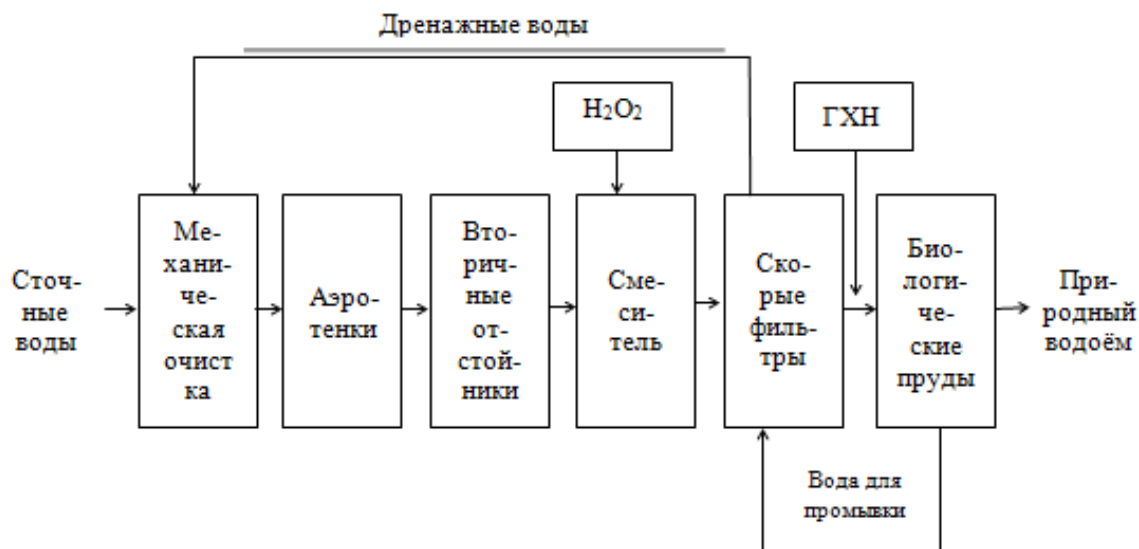
Объект исследования	Остаточная концентрация пероксида водорода, мг/дм^3		
	сразу после фильтрации	через 1 час	через 10 часов
Отфильтрованная сточная вода	0,12	0,12	отсутствует

Результаты экспериментов показали, что после фильтрования сточных вод, содержащих $10 \text{ мгH}_2\text{O}_2/\text{дм}^3$, через фильтрующую загрузку содержание пероксида снижается на 98,8%. Высокий эффект разложения объясняется, на наш взгляд, входящими в состав антрацита и перлита катализаторов разложения H_2O_2 (антрацит содержит FeS_2 , перлит содержит в своем составе до 1% Fe_2O_3 , MgO , 12-14% Al_2O_3). Тем не менее, сразу после фильтрования и через час, в сточной воде ПДК пероксида водорода для рыбохозяйственных водоемов не достигается. Однако, через 10 часов в очищенной сточной воде пероксид водорода не обнаруживается.

Проведенные исследования показали, что концентрация пероксида водорода 10 мг/дм^3 в пересчёте на чистый H_2O_2 при последующем фильтровании СВ через модифицированную загрузку, является безопасной и с экологической и с санитарно-гигиенической точек зрения.

Исходя из выше изложенного, рекомендуемый способ очистки сточных вод включает следующие этапы:

1. Механическая очистка сточных вод, позволяющая задерживать нерастворимые и минеральные вещества.
2. Биологическая очистка сточных вод, способствующая окислению и минерализации органических веществ.
3. Введение пероксида водорода в концентрации 10 мг/дм^3 в пересчёте на чистый H_2O_2 и выдерживание 2 часа с целью достижения требуемого эффекта обезвреживания и обесцвечивания.
4. На заключительном этапе доочистки сточные воды пропустить через комбинированную фильтрующую загрузку, позволяющую одновременно удалить из воды остаточные количества взвешенных веществ, биогенов и разложить остаточные концентрации пероксида, обеспечивая, тем самым и санитарно-гигиеническую и экологическую безопасность очищенных сточных вод.
5. С целью обеспечения пролонгированного бактерицидного действия сточные воды обрабатывают гипохлоритом натрия в концентрации $1,5 \text{ мг/дм}^3$ в пересчёте на активный хлор (рис.1).

Рис.1 – Усовершенствованная схема очистки сточных вод: H_2O_2 – пероксид водорода; ГХН – гипохлорит натрия

Комбинированная доочистка сточной воды пероксидом водорода и фильтрование её через рекомендуемую модифицированную загрузку позволит решить ряд экологических проблем:

- 1) предотвратить сброс недостаточно очищенных сточных вод в природный водоём, и, тем самым, предотвратить экологический ущерб, наносимый окружающей среде;
- 2) снизить дозу гипохлорита натрия на финишном этапе обеззараживания до $1,5 \text{ мг/дм}^3$, тем самым в обрабатываемой воде снижается концентрация остаточного активного хлора, снижаются риски образования хлорпроизводных, что делает сточные воды безопасными для водоёмов с экологической и санитарно-гигиенической точек зрения;
- 3) замена молекулярного хлора на стадии обеззараживания на низкоконцентрированный гипохлорит натрия позволит снизить техногенную опасность объекта.

Список литературы / References

1. Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [Текст]: СанПиН 2.1.5.980-2000. – изд. офиц. - М., 2001. - 18 стр.

2. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций взвешенных веществ и прокаленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом ПНДФ 14.1:2:4.254-2009 - М. 2009 г. (Издание 2012 г.) - 12 стр.

3. РД 52.24.421-2012 "Химическое потребление кислорода в водах. Методика измерений титриметрическим методом" (утв. Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 26 декабря 2011 г. – 23 стр.

4. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрит-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса ПНД Ф 14.1:2:43-95.- М. 1995 г. (Издание 2011 г.) - 20 стр.

5. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой ПНД Ф 14.1:2:4.4-95.- М. 1995 г. (Издание 2011 г.). – 16 стр.

6. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония ПНД Ф 14.1:2:4.112-97.- М. 1997 г. (Издание 2011 г.). – 18 стр.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gigiyenicheskiye trebovaniya k okhrane poverkhnostnykh vod [Hygienic Requirements for Protection of Surface Waters] [Text]: SanPiN 2.1.5.980-2000. - Off ed. - М., 2001. - 18 p. [In Russian]

2. Kolichestvenniy khimicheskiy analiz vod. Metodika izmereniy massovykh kontsentratsiy vzveshennykh veshchestv i prokallennykh vzveshennykh veshchestv v probakh pitievykh, prirodnykh i stochnykh vod gravimetricheskim metodom PND F 14.1:2:4.254-2009 [Quantitative Chemical Analysis of Water. Method for Measuring Mass Concentrations of Suspended Solids and Calcined Suspended Solids in Drink, Natural and Waste Water Samples Using Gravimetric Method of PND F 14.1: 2: 4.254-2009] - М. 2009 (Edition 2012) - 12 pp. [In Russian]

3. RD 52.24.421-2012 Khimicheskoye potrebleniye kisloroda v vodakh. Metodika izmereniy titrimetricheskim metodom [Chemical Consumption of Oxygen in Water - Measurement Method with Titrimetric Method] (approved by the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring on December 26, 2011 - 23 pp. [In Russian]

4. Kolichestvenniy khimicheskiy analiz vod. Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii nitrit-ionov v pitievykh, poverkhnostnykh i stochnykh vodakh fotometricheskim metodom s reaktivom Grissa PND F 14.1:2:43-95 [Quantitative Chemical Analysis of Water. Method for Measuring Mass Concentration of Nitrite Ions in Drink, Surface and Waste Water using Photometric Method with Grissa HDPE Reagent. 14.1:2:43-95] - М. 1995 (Edition 2011) - 20 pp. [In Russian]

5. Kolichestvenniy khimicheskiy analiz vod. Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii nitrit-ionov v pitievykh, poverkhnostnykh i stochnykh vodakh fotometricheskim metodom s salitsillovoy kislotoy PND F 14.1:2:4.4-95 [Quantitative Chemical Analysis of Water. Method for Measuring Mass Concentration of Nitrate Ions in Drink, Surface and Waste Waters by Photometric Method with Salicylic Acid. HDPE F 14.1:2:4.4-95] - М. 1995 (Edition 2011). - 16 pp. [In Russian]

6. Kolichestvenniy khimicheskiy analiz vod. Metodika izmereniy massovoy kontsentratsii fosfat-ionov v pitievykh, poverkhnostnykh i stochnykh vodakh fotometricheskim metodom s molibdatom ammoniya PND F 14.1:2:4.112-97 [Quantitative Chemical Analysis of Water. Method for Measuring Mass Concentration of Phosphate Ions in Drink, Surface and Waste Water using Photometric Method with Ammonium Molybdate. HDPE F 14.1: 2: 4.112-97] - М. 1997 (Edition 2011). - 18 pp. [In Russian]



Все статьи, опубликованные в «Международном научно-исследовательском журнале», загружаются в РИНЦ.

Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) — библиографическая база данных научных публикаций российских учёных. Для получения необходимых пользователю данных о публикациях и цитируемости статей на основе базы данных РИНЦ разработан аналитический инструмент ScienceIndex.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.155>Душко О.В.¹, Воронкова Г.В.², Рекунов С.С.³¹Кандидат технических наук, доцент,²ORCID: 0000-0001-5837-3895, кандидат технических наук, доцент,³ORCID: 0000-0002-9360-8239, кандидат технических наук, доцент,

Волгоградский государственный технический университет,

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УПЛОТНИТЕЛЯ ПОРШНЯ И СИСТЕМЫ «УПЛОТНИТЕЛЬ-ЦИЛИНДР»**Аннотация**

Рассмотрена задача по оптимизации геометрических размеров уплотнителя поршня с применением метода генетического алгоритма, позволяющая равномерно распределить по внешней поверхности уплотнителя силы трения, возникающие при работе механизма. Предложена методика исследования напряжённно-деформированного состояния уплотнителей поршней с введением функции напряжений в геометрические и физические уравнения классической линейной теории упругости. Сравнение результатов показало, что аппроксимация изменения модуля упругости от толщины модифицированного слоя совпадает с экспериментальными значениями.

Ключевые слова: уплотнитель, напряжение, оптимизация, генетический алгоритм.

Dushko O.V.¹, Voronkova G.V.², Rekunov S.S.³¹PhD in Engineering, Associate Professor,²ORCID: 0000-0001-5837-3895, PhD in Engineering, Associate Professor,³ORCID: 0000-0002-9360-8239, PhD in Engineering, Associate Professor,

Volgograd State Technical University

INVESTIGATION OF THE STRESS-STRAIN DEFORMATION OF THE PISTON SEAL AND SEALER-CYLINDER SYSTEM**Abstract**

The geometric dimensions optimization problem of the piston sealant with the genetic algorithm method is considered in the paper. The method makes it possible to distribute frictional forces along the outer surface of the sealant, which arise during the operation of the mechanism. The authors proposed a technique for studying the stress-strain deformation of piston sealers with the introduction of the stress function into the geometric and physical equations of the classical linear theory of elasticity. The comparison of the results showed that the approximation of the change in the modulus of elasticity from the thickness of the modified layer coincides with the experimental values.

Keywords: sealer, strain, optimization, genetic algorithm.

Надёжность и безопасность производственных объектов в машиностроении и нефтехимии зависит от совершенства и долговечности объёмных гидроагрегатов возвратно-поступательного действия, в которых уплотнители являются наиболее уязвимым местом, особенно в их опорной части. В данной работе исследуется напряжённно-деформированное состояние уплотнителя и системы «уплотнитель-цилиндр» для заданных произвольной начальной геометрии уплотнителя и рабочего давления жидкости, а также предложена методика определения оптимальных геометрических параметров уплотнителя.

Уплотнитель находится в осесимметричном относительно оси z напряжённом состоянии. При этом напряжения и деформации изменяются только вдоль двух координатных осей z и r (уплотнитель рассматривается в разрезе) (рис. 1). Деформации уплотнителя малы ($\varepsilon < 10\%$), вследствие этого связь между напряжениями и деформациями может быть описана линейной зависимостью (закон Гука).

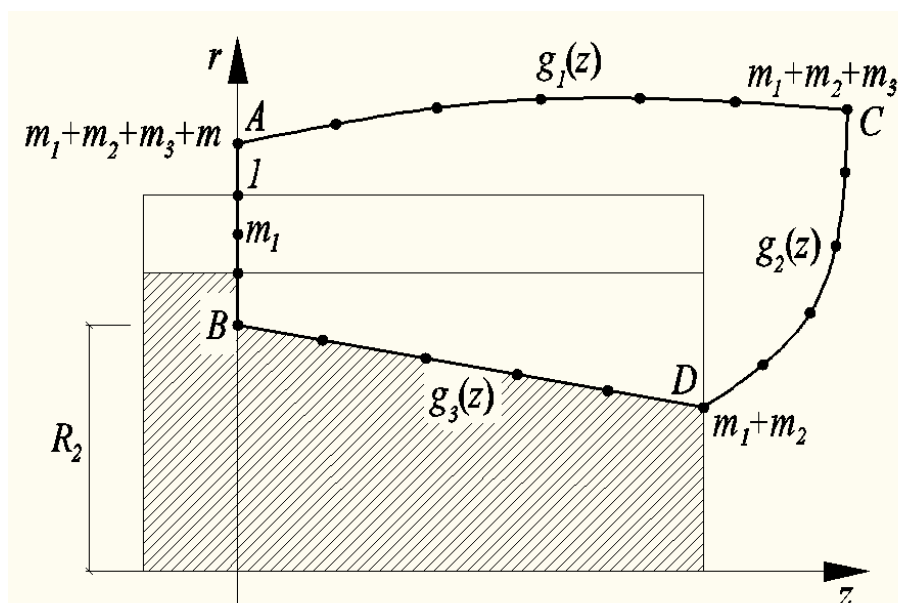


Рис. 1 – Начальная геометрия манжеты в свободном состоянии

Для определения напряжённо-деформированного состояния уплотнителя используются уравнения теории упругости, связывающие между собой линейные и угловые перемещения с модулем упругости. При определённой интерпретации применительно к уплотнителю поршня, для осесимметричной задачи согласно [1] имеем:

$$\begin{aligned} 2GU &= -\varphi_{rz}; \quad 2GW = 2\nabla^2\varphi(1-\nu) - \varphi_{zz}; \quad \sigma_\theta = \frac{\partial}{\partial z}\left(\nu\nabla^2\varphi - \frac{\varphi_r}{r}\right); \\ \sigma_r &= \frac{\partial}{\partial z}\left(\nu\nabla^2\varphi - \varphi_{rr}\right); \quad \sigma_z = \frac{\partial}{\partial z}\left((2-\nu)\nabla^2\varphi - \varphi_{zz}\right); \\ \tau_{rz} &= \frac{\partial}{\partial r}\left((1-\nu)\nabla^2\varphi - \varphi_{zz}\right), \end{aligned} \quad (1)$$

где φ – неизвестная функция перемещений; ν – коэффициент Пуассона; $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$ – модуль сдвига;

E – модуль упругости; U, W – линейные перемещения в направлении соответственно осей r и z ; $\sigma_\theta, \sigma_r, \sigma_z$ – нормальные напряжения соответственно кольцевые, радиальные и направленные вдоль оси z (все напряжения сжатия); τ – касательное напряжение.

Функции перемещений и оператор Лапласа

$$\varphi_{ij} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial i \partial j}, \quad \nabla^2 \varphi = \varphi_{rr} + \frac{\varphi_r}{r} + \frac{\varphi_{zz}}{r^2}. \quad (2)$$

Для повышения устойчивости вычислительного процесса и точности вычислений вводятся безразмерные параметры:

$$\bar{U} = \frac{2GU}{\sigma_0 l_0}, \quad \bar{W} = \frac{2GW}{\sigma_0 l_0}, \quad \bar{\sigma}_r = \frac{\sigma_r}{\sigma_0}, \quad \bar{\sigma}_\theta = \frac{\sigma_\theta}{\sigma_0}, \quad \bar{\sigma}_z = \frac{\sigma_z}{\sigma_0}, \quad \bar{\tau}_{rz} = \frac{\tau_{rz}}{\sigma_0}. \quad (3)$$

где σ_0 – напряжение, численно равно модулю упругости материала; l_0 – линейный размер, имеющий порядок размера исследуемой области.

Функция напряжений по [1] является решением уравнения

$$\nabla^2 \nabla^2 \varphi = 0, \quad (4)$$

и при этом должны выполняться граничные условия.

Для решения поставленной задачи и введённых безразмерных параметров (3) принята следующая функция напряжений:

$$\begin{aligned} \varphi &= \sigma_0 l_0^3 (\varphi_1 + \varphi_2); \quad \varphi_1 = (A_1 + A_2 z_0)(r_0^2 + z_0^2); \\ \varphi_2 &= \sum_{n=1}^N [J_0(r_n) \cdot \varphi_{1an} + r_n J_1(r_n) \cdot \varphi_{1bn}]; \\ \varphi_{1an} &= a_{1n} \sinh(z_n) + a_{2n} \cosh(z_n); \\ \varphi_{1bn} &= b_{1n} \sinh(z_n) + b_{2n} \cosh(z_n); \end{aligned} \quad (5)$$

$$\varphi_{2an} = a_{1n} \cosh(z_n) + a_{2n} \sinh(z_n); \quad \varphi_{2bn} = b_{1n} \cosh(z_n) + b_{2n} \sinh(z_n),$$

где A_1, A_2, a_i, b_i – постоянные коэффициенты, определяемые из граничных условий;

$$z_n = k_n z, \quad r_n = r \cdot k_n, \quad k_n = n \cdot k_0 \pi, \quad k_0 = \frac{1}{l_0}, \quad z_0 = k_0 z, \quad r_0 = k_0 r, \quad (6)$$

где r, z – текущие координаты; J_n – функция Бесселя 1-го рода n -го порядка.

Принятая функция напряжений (5) является решением уравнения (4). Для решения поставленной задачи необходимо определение постоянных коэффициентов для удовлетворения граничных условий.

Функция (5) позволяет полностью описать напряжённо-деформированное состояние уплотнителя. Использование в уравнениях (5) функции Бесселя 1-го рода объясняется особенностями решения данной осесимметричной задачи (применительно к резиноёмкому уплотнителю поршня). Как известно, функция Бесселя 1-го рода является убывающей (в данном случае по координате r), что обеспечивает получение устойчивого вычислительного процесса.

Подстановка функции (5) в исходные уравнения (1), с учётом введённых безразмерных параметров (3), приводит к следующим выражениям для напряжений и перемещений:

$$\bar{U} = -2A_2 r_0 + \sum_{n=1}^N U_n; \quad \bar{W} = 2A_1 (5 - 6\nu) + 2A_2 (7 - 10\nu) z_0 + \sum_{n=1}^N \bar{W}_n;$$

$$\bar{\sigma}_r = 2A_2(5\nu - 1) + \sum_{n=1}^N \sigma_m; \quad \bar{\sigma}_\theta = 2A_2(5\nu - 1) + \sum_{n=1}^N \sigma_{\theta n}; \quad (7)$$

$$\bar{\sigma}_z = 2A_2(7 - 5\nu) + \sum_{n=1}^N \sigma_{zn}; \quad \bar{\tau}_{rz} = \sum_{n=1}^N \tau_{rzn};$$

где

$$\frac{U_n}{n^2 \pi^2} = J_{1n} \Phi_{2an} - r_n J_{0n} \Phi_{2bn}; \quad \frac{W_n}{n^2 \pi^2} = -J_{0n} \Phi_{1an} + [4(1 - \nu) J_{0n} - r_n J_{1n}] \Phi_{1bn};$$

$$\frac{\sigma_m}{n^3 \pi^3} = \left(J_{0n} + \frac{J_{1n}}{r_n} \right) \Phi_{2an} + [(2\nu - 1) J_{0n} - r_n J_{1n}] \Phi_{2bn};$$

$$\frac{\sigma_{\theta n}}{n^3 \pi^3} = \frac{J_{1n} \Phi_{2an}}{r_n} + (2\nu - 1) J_{0n} \Phi_{2bn}; \quad (8)$$

$$\frac{\sigma_{zn}}{n^3 \pi^3} = -J_{0n} \Phi_{2an} + [2(2\nu - 1) J_{0n} - r_n J_{1n}] \Phi_{2bn};$$

$$\tau_{rzn} = J_{1n} \Phi_{1an} + [2(\nu - 1) J_{1n} - r_n J_{0n}] \Phi_{1bn}.$$

Решение (7) и (8) должно удовлетворять граничным условиям на контуре. Для геометрии исследуемой области и нагрузок эти граничные условия будут следующими [2]:

$$\text{Участок } AB \text{ (свободный контур):} \quad \sigma_z = 0, \quad \tau_{rz} = 0. \quad (9)$$

$$\text{Участок } BC \text{ (нет перемещений):} \quad U = 0, \quad W = 0. \quad (10)$$

Участок CD (давление p жидкости):

$$\sigma_r m + \tau_{rz} l = -pm; \quad \sigma_z l + \tau_{rz} m = -pl, \quad (11)$$

где l, m – направляющие косинусы (рис. 2.7, а) $l = \cos \alpha$, $m = \sin \alpha$, $\tan \alpha = -g'_2$, $g_2(r)$ – уравнение контура CD .

$$\text{Участок } DA \text{ (контакт с цилиндром):} \quad \tau_{rz} = \sigma_r f, \quad (12)$$

где f – коэффициент трения;

Вторым граничным условием являются деформации вдоль оси r – от $r = R_2 + g_1(z)$ до R_2 , а с учётом безразмерных параметров:

$$\bar{U} = -\frac{2Gg_1(z_0)}{\sigma_0 l_0}, \quad (13)$$

где $g_1(z_0)$ – уравнение контура в недеформированном состоянии.

Неизвестные коэффициенты функции напряжений (5) определяются из решения системы линейных алгебраических уравнений. Граничные условия (9) – (13) удовлетворяются на каждом контуре приближённо. Их точное соответствие выполняется лишь в отдельных точках контура, число которых может быть произвольным. Увеличение числа этих точек приводит к повышению точности решения задачи; расстановка точек показана на рис.1.

Количество неизвестных коэффициентов в (5) и порядок системы уравнений равен удвоенному числу точек контура. Полученное решение достаточно точно удовлетворяет всем уравнениям теории упругости при приближённом выполнении граничных условий.

В области контакта на границе DA , в случае модифицирования уплотнителя, модуль упругости материала изменяется вдоль координаты r – на толщине t – от значения E_1 на поверхности до значения E упругого тела [3]. Это изменение аппроксимируется следующей зависимостью:

$$E = E_1 e^{-\alpha h_0}, \quad (14)$$

где $h_0 = \frac{h}{l_0}$ – расстояние от поверхности тела.

Выражение (14) хорошо описывает изменение модуля упругости от толщины модифицированного слоя, определённое экспериментально [4]. При этом коэффициент α в (14) определяется по значению толщины t слоя:

$$\alpha = t_0^{-1} \ln \left(\frac{E_1}{E_0} \right), \quad (15)$$

где $t_0 = \frac{t}{l_0}$, E_0 – модуль упругости основного объёма (в сердцевине уплотнителя).

Влияние модифицированного слоя на поведение исследуемой области учитывается приближённо – введением дополнительной пограничной области D^*A^* с приведённым модулем упругости E^* . Эта область соприкасается со стороной DA . Касательные напряжения по контакту границ DA и D^*A^* вызывают изменение перемещений точек границы DA , что влияет на напряжения и деформации всей исследуемой области. Контактные касательные напряжения τ^* представлены степенным рядом через неизвестные коэффициенты a_n :

$$\tau^* = -\sum_{n=0}^N a_n z^n. \quad (16)$$

При этом из уравнения равновесия для слоя D^*A^*

$$\int_0^D \tau^* dz = 0$$

определяется коэффициент a_0 ряда (16)

$$\tau^* = \sum_{n=1}^N a_n \left[\frac{zD^n}{n+1} - z^n \right]. \quad (17)$$

Нормальные напряжения в области D^*A^* принимаются равномерно распределёнными по её толщине t и определяется из условия равновесия:

$$\sigma_z = t^{-1} \int_0^z \tau^* dz. \quad (18)$$

Перемещения W^* слоя D^*A^* определяется по закону Гука:

$$W^* = (E^* t)^{-1} \int \sigma_z dz + C, \quad (19)$$

где E^* – приведённый модуль упругости; C – постоянный коэффициент.
При этом

$$W^* = (E^* t)^{-1} \sum_{n=1}^N \left(\frac{a_n z^2}{n+1} \frac{zD^n - z^n}{n+2} \right) + W_A, \quad (20)$$

где W_A – перемещение точки A границы.

Введение модифицированного слоя изменяет граничное условие (12) для касательных напряжений. На границе DA

$$\tau = \sigma_z f + \tau^*, \quad (21)$$

где τ^* – определяется из (17).

Коэффициенты ряда (17) находят из условия совместимости перемещений W_i и W_i^* соответственно границы DA и модифицированного слоя D^*A^* в N точках контакта:

$$W_i = W_i^*. \quad (22)$$

Модуль упругости дополнительной пограничной области D^*A^* изменяется в соответствии с (14) от E_1 до E_0 на глубину t_0 :

$$E = E_1 e^{-\alpha h_0} - E_0. \quad (23)$$

Приведённый модуль упругости E^* определяется из условия равенства продольных сил в дополнительном слое с переменным модулем упругости (23) и постоянным E^* :

$$N_z = \int_A \varepsilon_z E dA = \varepsilon_z E^* A, \quad (24)$$

где A – площадь сечения дополнительного слоя.

Подстановка (23) в (24) определяет приведённый модуль упругости:

$$E^* = E_0 \left(\frac{k-1}{\ln k} - 1 \right), \quad (25)$$

$$\text{где } k = \frac{E_1}{E_0}.$$

С целью определения оптимальной геометрии уплотнителя будем использовать метод генетических (эволюционных) алгоритмов [5]. Этот метод используется для решения задач моделирования и оптимизации решений путем случайного подбора, вариации и комбинирования большого количества исходных параметров или когда невозможно предсказать область нахождения оптимального решения.

Применительно к уплотнителям резинометаллических поршней метод генетических алгоритмов использовался для поиска оптимальной конфигурации зоны контакта уплотнителя (область DA). При этом функция $g_1(z)$, выражающая форму поверхности контакта, имеет следующий вид:

$$g_1(z) = \sum_{n=0}^N a_n z^n. \quad (26)$$

Коэффициенты a_n ряда (26) определяются в процессе эволюции, при этом N – число членов ряда аппроксимирующей функции; z – текущая координата на поверхности уплотнителя.

Функция цели определяет соответствие решения оптимальному и принята в виде взвешенной комбинации решений:

$$F = \sum_{i=1}^M \alpha_i S_i, \quad (27)$$

где α_i – весовые коэффициенты (вклад, учитываемый в стадии стирания на значение функции цели); S_i – сумма квадратов отклонений контактного напряжения σ_z от среднего; M – количество слоёв стирания (износа) материала уплотнителя.

Функция цели (27) даёт возможность определить оптимальную конфигурацию уплотнителя для максимально равномерного распределения контактных напряжений в процессе работы и стирания материала.

Список литературы / References

1. Ильин В. П. Численные методы решения задач строительной механики / В. П. Ильин, В. В. Карпов, А. М. Масленников. – Минск: Вышэйшая школа, 1990. – 349 с.
2. Самарский А. А. Методы решения сеточных уравнений / А. А. Самарский, Е. С. Николаев. – Москва: Наука, 1978. – 592 с.
3. Тимошенко С. П. Пластинки и оболочки / С. П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. – Москва: Физматгиз, 1963. – 636 с.
4. Трушин С.И. Расчет пластин и пологих оболочек методами нелинейного программирования / С. И. Трушин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2003. – № 2. – С. 40-45.
5. Родин С. И. Эволюционные методы для создания оптимальных пространственных стержневых систем / Г. И. Беликов, С. И. Родин // Сборник научных статей. Российская академия архитектуры и строительных наук, Южное региональное отделение РААСН, Администрация Волгоградской области, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет. Волгоград. – 2010. – С. 79-82.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Il'in V. P. Chislennyye metody resheniya zadach stroitel'noy mehaniki [Numerical methods for solving problems of structural mechanics] / V. P. Il'in, V. V. Karpov, A. M. Maslennikov. Minsk, 1990. – 349 p. [in Russian]
2. Samarskiy A. A. Metody resheniya setochnykh uravneniy [Methods of solving the mesh equations] / A. A. Samarskiy, E. S. Nikolaev. Moscow, 1978. – 592 p. [in Russian]
3. Timoshenko S. P. Plastinki i obolochki [Plates and shells] / S. P. Timoshenko, S. Voynovskiy-Kruger, Moscow, 1963. – 636 p. [in Russian]
4. Trushin S. I. Raschyot plastin i pologih obolochek metodami nelineynogo programmirovaniya [Calculation of plates and shallow shells by methods of nonlinear programming] / S. I. Trushin // Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Inzhenernye issledovaniya [Bulletin of the RUDN University. Series 3. Physics. Astronomy]. – 2003. – № 2. – P. 40-45. [in Russian]
5. Rodin S. I. Jevoljucionnyye metody dlja sozdaniya optimal'nykh prostranstvennykh sterzhnevyyh sistem [Evolutionary methods for creating optimal spatial rod systems] / G. I. Belikov, S. I. Rodin // Sbornik nauchnykh statej. Rossijskaja akademija arhitektury i stroitel'nykh nauk, Juzhnoe regional'noe otdelenie RAASN, Administracija Volgogradskoj oblasti, Volgogradskij gosudarstvennyj arhitekturno-stroitel'nyj universitet. Volgograd [Collection of scientific articles. Russian Academy of architecture and construction Sciences, southern regional office RAASN, the Volgograd region Administration, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Volgograd]. – 2010. P. 79–82. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.044>Корнюшко В.Ф.¹, Колыбанов К.Ю.², Кайбуллаева С.Э.³, Флид А.А.⁴¹Доктор технических наук, заведующий кафедрой, ²доктор технических наук, профессор
^{3,4}аспирант,

Московский технологический университет (Институт тонких химических технологий)

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ERP ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**Аннотация**

Рассмотрено применение методологии функционального моделирования в нотации IDEF0 для описания систем управления на основе ERP в системах распределительно-сбытовой логистики фармацевтической отрасли. Приведены примеры построения графических IDEF0-моделей, для описания бизнес-процессов в системах прогнозирования лекарственных средств (ЛС) и проверки качества, поступающей продукции. Осуществлен анализ современных ERP-систем и выявлены их основные особенности и направления развития, что является важнейшим шагом при работе в любой сфере деятельности.

Ключевые слова: ERP-система автоматизации, функциональное моделирование, модели в нотации IDEF0, фармацевтика, системы прогнозирования фармацевтических средств, бизнес-процессы, системы проверки качества продукции.

Kornyushko V.F.¹, Kolibanov K.Yu.², Kaibullaeva S.E.³, Flid A.A.⁴¹PhD in Engineering, head of department, ²PhD in Engineering, professor
^{3,4}postgraduate student,

Moscow Technological University (Institute of Thin Chemical Technology)

USING ERP SYSTEMS FOR OBJECT MANAGEMENT IN PHARMACEUTICAL INDUSTRY**Abstract**

The paper considers the use of the functional modeling methodology in the IDEF0 notation for the description of management systems based on ERP in the distribution and marketing logistics systems of the pharmaceutical industry. The examples of constructing graphic IDEF0-models are presented, they describe the business processes in drug prediction systems (DPS) and quality control of incoming products. The analysis of modern ERP-systems is carried out, their main features and directions of development are revealed – the most important step in any field of activity.

Keywords: ERP-automation system, functional modeling, IDEF0 notation models, pharmacy, pharmaceutical prediction systems, business processes, product quality control systems.

Внедрение средств автоматизации в фармацевтической отрасли необходимо для повышения широкого спектра показателей, таких как количество выпускаемой продукции и ее качество, безопасность всех производственных процессов, экономическое благосостояние всей сферы и доступность выпускаемых лекарственных средств (ЛС) для населения страны.

ERP (Enterprise Resource Planning) – система является комплексным решением для оптимизации и автоматизации современного предприятия. Их внедрение в такой сфере промышленности как фармацевтика – это максимально возможная автоматизация всех сфер деятельности фармацевтического предприятия, направленная на разработку и последующее внедрение наиболее эффективных средств контроля и управления, что, помимо экономической выгоды компании, ведет к повышению доступности продукции на рынках любого масштаба и для любого потребителя.

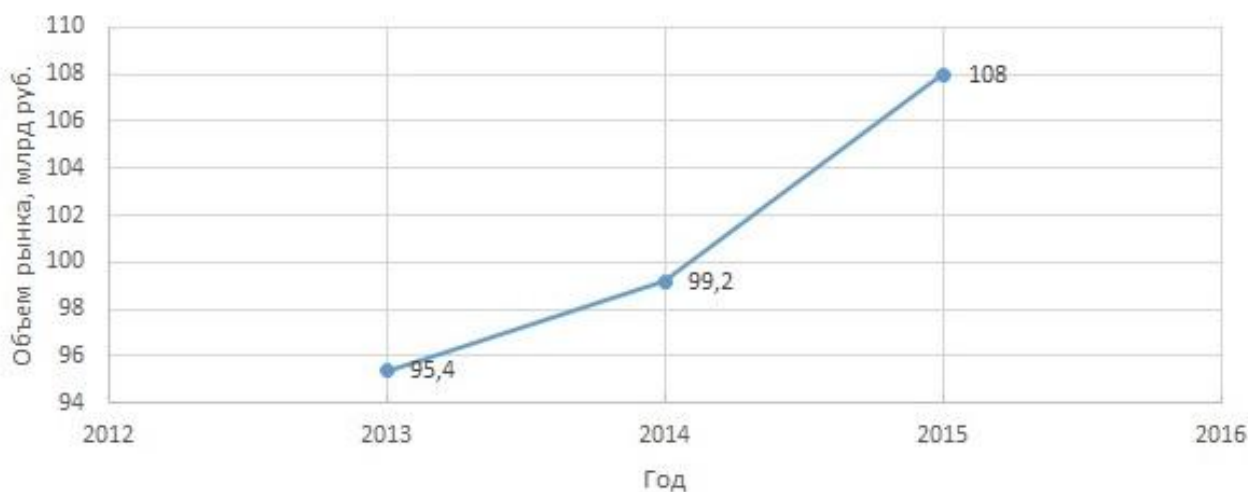


Рис. 1 – Динамика российского рынка ERP-систем

На Рисунке 1 приведена схема, опубликованная аналитическим центром Tadvixerh [1], который провел обзор российского рынка систем управления ресурсами предприятия (ERP) по итогам 2015 г. Таким образом, объем

российского рынка ERP-систем на конец 2015 г. вырос, по данным TAdviser, на 9%, достигнув отметки в 108 млрд. рублей.

Одним из наиболее перспективных инструментов повышения эффективности всей фармацевтической отрасли является проблема информатизации распределительно-складской логистики отрасли. По данным некоторых источников [2] в жизненном цикле производства и дистрибуции фармацевтической продукции временные затраты на хранение продукции составляют более 70%. Поэтому применение ERP-систем для информационного обеспечения управлением бизнес-процессами в этой области представляется исключительно перспективным. Построение информационных систем на базе ERP-систем опирается на моделирование бизнес-процессов с помощью методологии SADT. Рассмотрим конкретную реализацию применения SADT в графической номинации IDEF0 для моделирования анализа бизнес-процессов, выполняемых системой, а также для указания механизмов, посредством которых они осуществляются в подсистеме прогнозирования заказа ЛС в системе распределительно-складской логистики.

Прогнозирование заказа следующей партии лекарственных средств (ЛС) как по объему, так и по точному времени ее подачи подразумевает последовательность действий, визуализация которой реализована в IDEF0-модели (Рисунки 2,3) [5]:

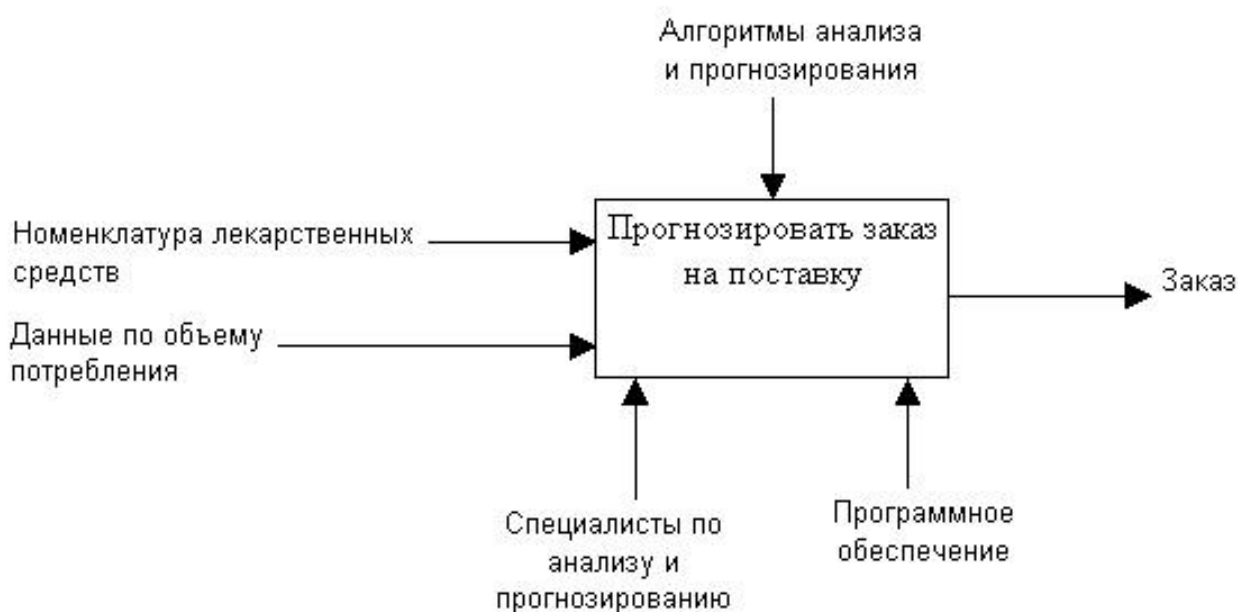


Рис. 2 – Контекстная IDEF0-модель

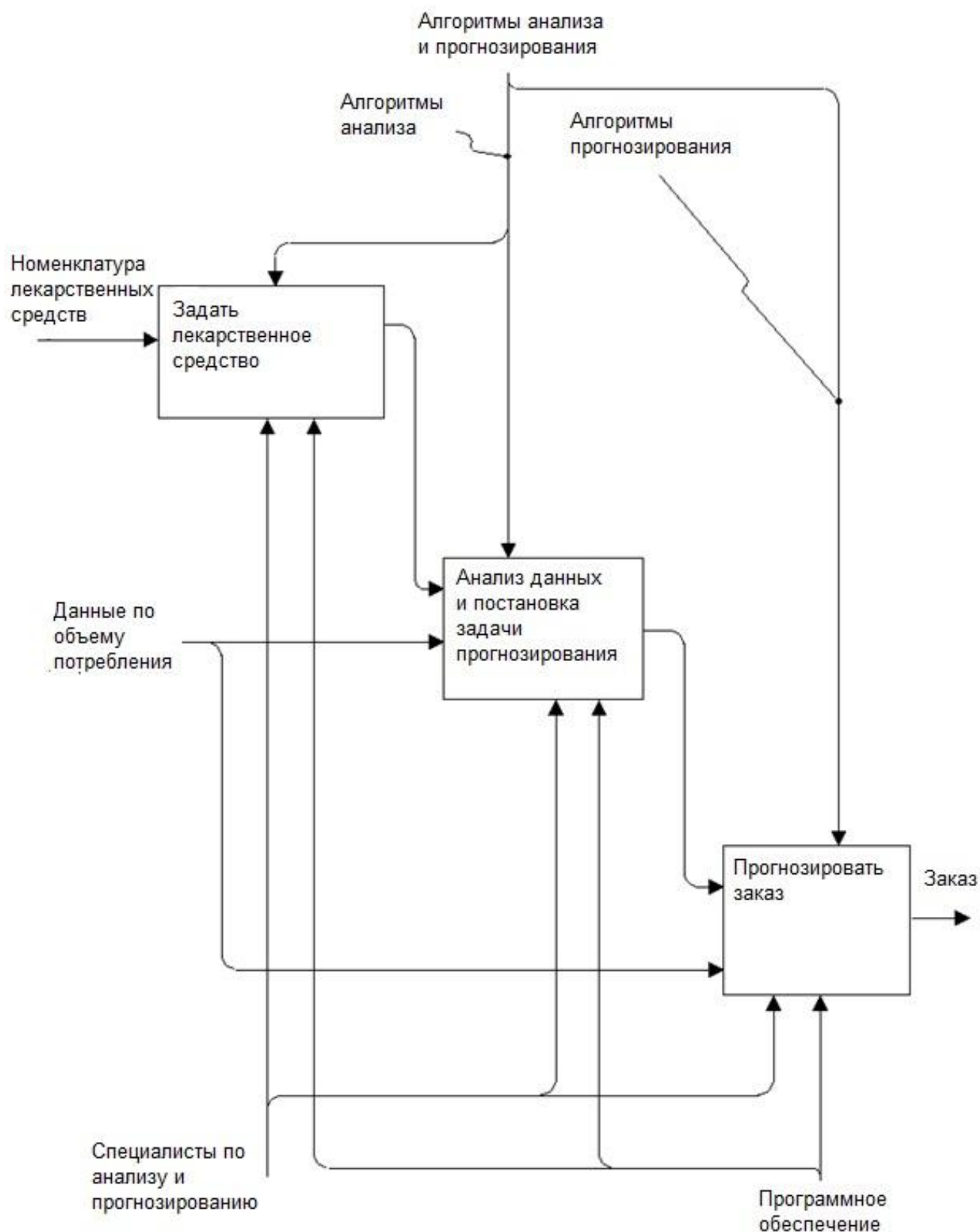


Рис. 3 – Декомпозиция первого уровня модели прогнозирования поставки лекарственных средств

Для фармацевтической отрасли одним из важнейших критериев оценки ее деятельности является контроль за продукцией хранящейся на складах. Крупные фармацевтические фирмы реализуют эту сложнейшую функцию с помощью ERP-систем и их конкретных реализаций, например, SAP ERP. Однако привязка типовой SAP ERP-системы к конкретному объекту требует предварительного анализа конкретных бизнес-процессов и информационных потоков в системе [3]. Ниже (Рисунки 4 и 5) рассмотрено применение IDEF0-моделирования для анализа бизнес-процессов при реализации “динамического метода выборочного контроля” при хранении лекарственных средств.

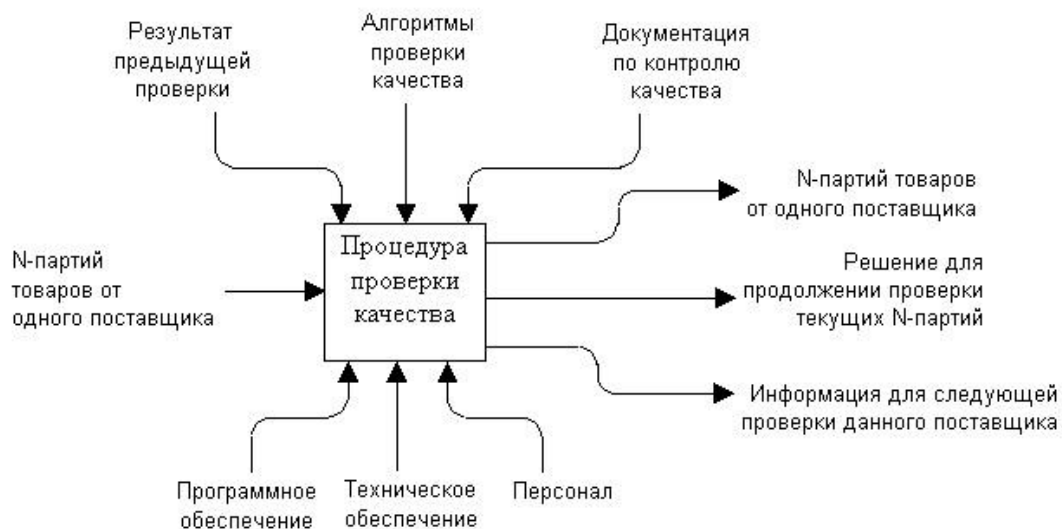


Рис. 4 – Контекстная модель процедуры проверки качества

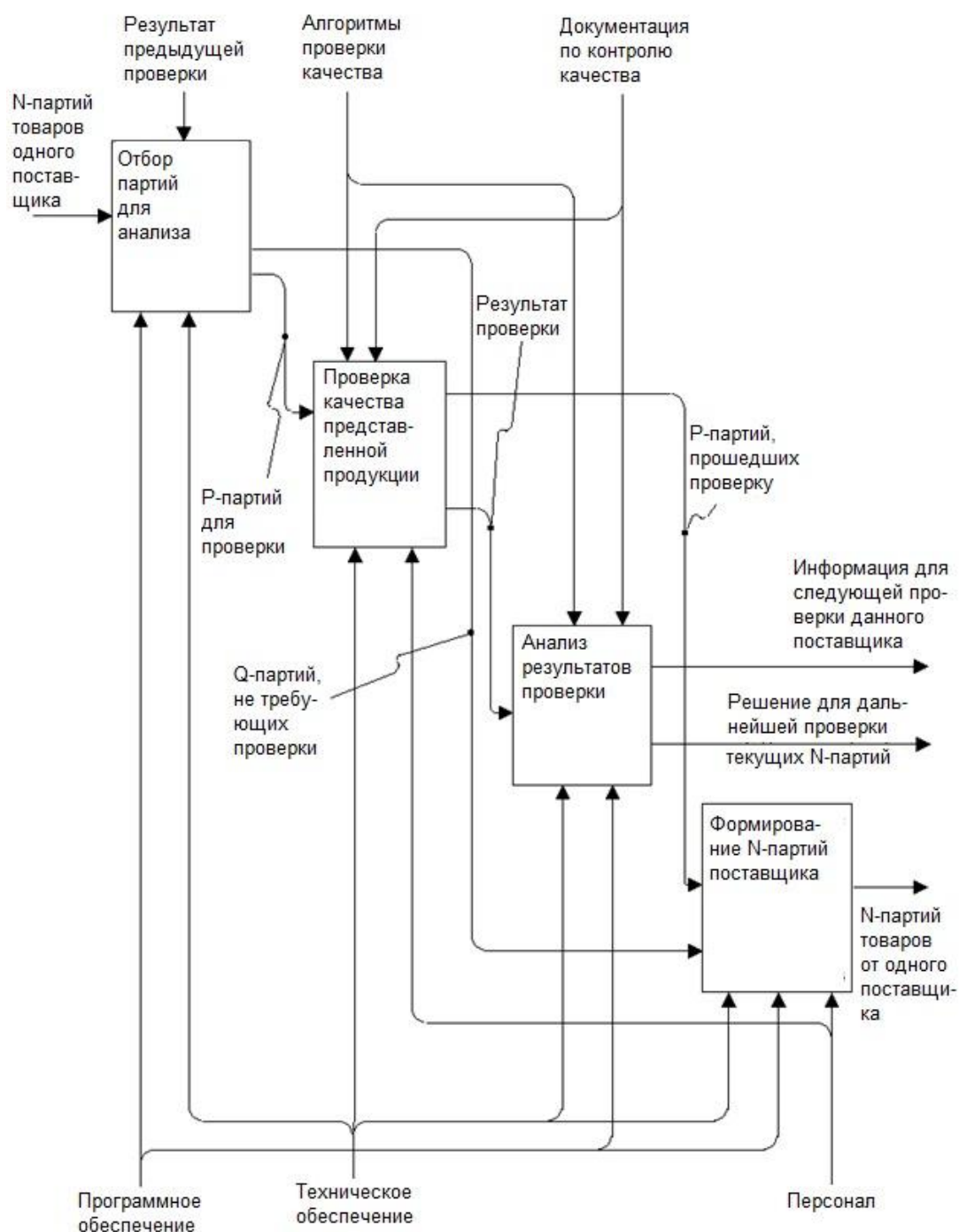


Рис. 5 – Декомпозиция первого уровня процедуры качественного анализа

Отметим, что основной задачей снабжения отрасли лекарственными средствами (ЛС) является удовлетворение потребностей населения и лечебных учреждений (ЛПУ) в ЛС в заданные сроки по их номенклатуре и количеству. При полной прозрачности такой задачи, на практике ее решение оказывается весьма сложным, что определяется неопределенностью потребностей в ЛС, которая вытекает из особенностей проведения лечебного процесса. Действительно, в силу особенностей организмов конкретных пациентов и характера их заболеваний им могут назначаться различные препараты, причем иногда одни и те же препараты, но в несколько отличающихся дозировках и в разных сочетаниях. Дополнительными усложняющими факторами является также то, что многие ЛС имеют жестко ограниченный срок годности; некоторые ЛС являются дефицитными, другие чрезвычайно дорогостоящими, а также то, что не все ЛС одинаково доступны по разным причинам. Нетрудно сделать вывод, что прогнозирование в этой сфере – достаточно сложная задача.

По своему существу – это типовая задача исследования операций – управление запасами; она в значительной степени аналогична задачам производственной сферы, однако в силу приведенных факторов ее решение требует специального обеспечения: методологии, моделей и алгоритмов [6].

На федеральном уровне это задача национального масштаба. В связи с преобладанием в отечественном здравоохранении государственного сектора медицины она и решается государственными структурами укрупненно – как задача стратегического планирования. Здесь формируется обобщенный план потребления ЛС на календарный период, в его составе – план госзакупок; на этом основании разрабатывается госзаказ для отечественных предприятий и проводится его размещение, а также формируется план поставок импортных ЛС, определяются поставщики и размещаются заказы [7].

При формировании архитектуры и механизмов обеспечения ЛС медицинских учреждений наряду с плановыми государственными закупками и централизованными поставками целесообразно развивать рынок ЛС со всеми его типовыми институтами и механизмами. В качестве основных субъектов рынка ЛС естественно позиционируются крупные лечебные учреждения, которые могут постоянно и корректно вести учет потребления ЛС и определять потребность в них как по номенклатуре, так и по объему.

Анализ потребления ЛС может проводиться с использованием различных данных учета медицинского имущества, в частности, в качестве основного источника первичной информации могут служить листы врачебных назначений историй болезни пациентов, которые содержат сведения о номенклатуре, разовых и суточных дозах, продолжительности назначения конкретных ЛС. Несмотря на значительную трудоемкость такого рода работы, она позволяет собрать достоверные данные о номенклатуре требуемых ЛС и их объеме, а также о том, сколько требуется средств для их приобретения; это важно для разработки методики прогнозирования потребности в ЛС.

Собранные таким образом качественные и количественные данные позволяют экономико-статистическими методами оценить их влияние на совокупные показатели, характеризующие потребление ЛС; при этом потребление ЛС целесообразно соотносить с клинко-статистическими группами (КСГ) больных.

При этом можно провести замену дорогих дженериков на аналогичные препараты, имеющих меньшую стоимость. Такая замена вполне допустима с медицинской и фармакологической точек зрения, к тому же подобная замена целесообразна с экономических позиций. В результате унификации используемых ЛС и переходу на более дешевые аналоги, номенклатура ЛС может быть значительно сокращена.

В работе рассмотрено применение глобальных информационных ERP-систем в системах распределительно-складской логистики фармацевтической отрасли. На примерах подсистем прогнозирования заказа партий лекарственных средств и реализации “динамического метода выборочного контроля” при хранении лекарственных средств показано применение методологии функционального моделирования SADT в графической номинации IDEF0 для моделирования анализа бизнес-процессов в подсистемах, что необходимо на стадии привязки универсальных информационных систем SAP ERP к конкретным фармацевтическим объектам (Рисунок 6).

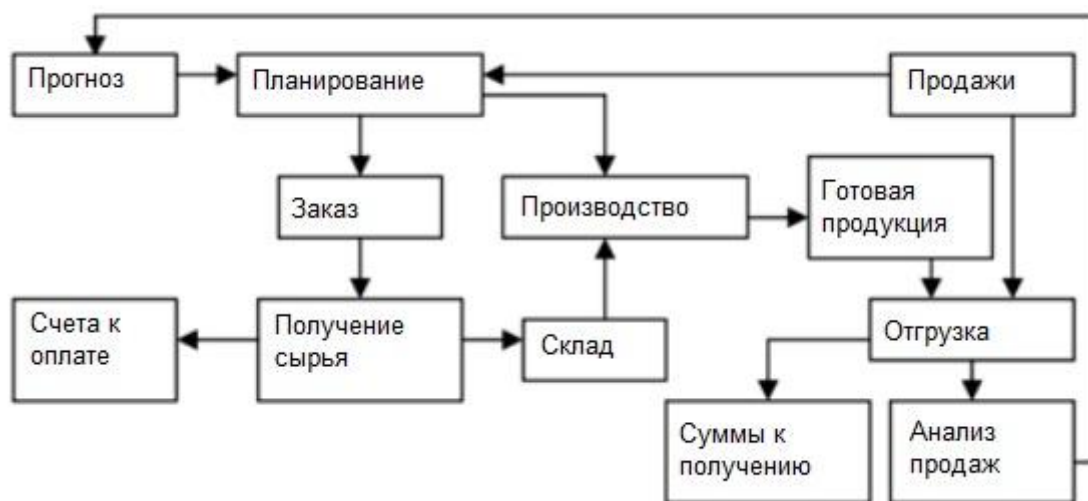


Рис. 6 – SAR/ERP в логистическом секторе

Список литературы / References

1. Россия: объем рынка ERP-систем по итогам 2015 увеличился на 9% – CNews [Электронный ресурс] / <http://www.cnews.ru> – URL: http://www.cnews.ru/news/line/2016-10-18_rossiya_obem_rynka_erpsistem_po_itogam_2015 (Дата обращения: 15.01.2017).
2. Расчет затрат на хранение товара / RosInvest.Com / [Электронный ресурс] / RosInvest.Com – URL: <http://rosinvest.com/page/raschet-zatrat-na-hranenie-tovara> (Дата обращения: 10.12.2016).
3. Алексеева, Н.Н. Исследование показателей оптимизации потоков в логистических информационных системах в аптечных сетях [Текст] / Н. Н. Алексеева // Вестник Самарского государственного экономического университета – 2009. – № 12 (62) – С. 9-10.
4. Коротева, О. С. Особенности информационного менеджмента в компаниях сферы услуг [Текст] / О. С. Коротева, В. Ф. Корнюшко, А. В. Костров // Прикладная информатика – 2012. – № 1 (37) – С. 28-32.
5. Корнюшко В. Ф. Степень готовности системы управления бизнес-процессами к внедрению информационных технологий [Текст] / В. Ф. Корнюшко, О. А. Жданович, А. В. Костров // Прикладная информатика – 2014. – №2 (50) – С. 14-22.
6. Мертенс, П. Интегрированная обработка информации. Операционные системы в промышленности [Текст] / П. Мертенс; пер. с нем. М. А. Костровой, под ред. А. В. Кострова. – Москва: Финансы и статистика, 2007. – С. 424.
7. Бауэрсокс Доналд Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок [Текст] / Доналд Дж. Бауэрсокс, Дейвинд Дж. Клосс. – 2-е издание. – Москва: Олимп – Бизнес, 2008. – С. 640.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Rossija: obiem rynka ERP-sistem po itogam 2015 uvelichilsja na 9% – CNews [Russia: the market volume of ERP-systems increased by 9% in 2015 - CNews] [Electronic resource] / <http://www.cnews.ru> – URL: http://www.cnews.ru/news/line/2016-10-18_rossiya_obem_rynka_erpsistem_po_itogam_2015 (Accessed: 15.01.2017). [in Russian]
2. Raschet zatrat na hranenie tovara / RosInvest.Com / [Jelektronnyj resurs] / RosInvest.Com – Rezhim dostupa: <http://rosinvest.com/page/raschet-zatrat-na-hranenie-tovara>, svobodnyj (Accessed: 10.12.2016). [in Russian]
3. Alekseeva, N.N. Issledovanie pokazatelej optimizacii potokov v logisticheskikh informacionnyh sistemah v aptechnyh setjah [The study of the optimization of flows in logistics information systems in pharmacy networks] [Text] / N.N. Alekseeva // Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta [Bulletin of the Samara State University of Economics]. – 2009. – № 12 (62) – P. 9-10.
4. Koroteeva, O. S. Osobennosti informacionnogo menedzhmenta v kompanijah sfery uslug [Features of the information management in service sector] [Text] / O. S. Koroteeva, V. F. Kornjushko, A. V. Kostrov // Prikladnaja informatika [Applied Informatics] – 2012. – № 1 (37) – P. 28-32.
5. Kornjushko V.F. Stepen' gotovnosti sistemy upravlenija biznes-processami k vnedreniju informacionnyh tehnologij [The degree of the readiness of the system of a management of business processes to an implementation of information technologies] [Text] / V. F. Kornjushko, O. A. Zhdanovich, A.V. Kostrov // Prikladnaja informatika [Applied Informatics] – 2014. – №2 (50) – P. 14-22.
6. Mertens, P. Integrirovannaja obrabotka informacii. Operacionnye sistemy v promyshlennosti [Integrated processing of the information. Operating systems in the industry] / Per. s nem. [translation from German] M. A. Kostrov; Pod red. [edited by] A. V. Kostrova. – Moscow: Finansy i statistika [Finance and statistics], 2007. – P. 424.
7. Baujersoks Donald Dzh. Logistika: integrirovannaja cep' postavok [Logistics: integrated supply chain] [Text] / Donald Dzh. Baujersoks, Dejvind Dzh. Kloss. – 2-e izdanie [second edition]. – Moscow: Olimp – Biznes [Olymp – business], 2008. – P. 640.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.103>Кочеткова С.К.¹, Дурунча Н.А.², Пережогина Т.А.³, Остапченко И.М.⁴¹Кандидат химических наук, ^{2,3,4}Старший научный сотрудник,

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий в г. Краснодаре

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ НИКОТИНА**Аннотация**

В целях создания стандартизированной методики определения никотина в жидкостях для электронных сигарет (электронных систем доставки никотина, ЭСДН) разработан алгоритм проведения анализа. Определены условия хроматографирования, порядок приготовления стандартного и калибровочных растворов, условия взятия навески и подготовки проб образцов жидкостей и картриджей для ЭСДН. Приведены формулы для расчета никотина в жидкостях и картриджах для ЭСДН. Результаты проведенного исследования подтвердили достоверность полученных данных определения содержания никотина в жидкостях для ЭСДН.

Ключевые слова: никотин, электронная сигарета, электронные системы доставки никотина, картридж, хроматография.

Kochetkova S.K.¹, Duruncha N.A.², Perezhogina T.A.³, Ostapchenko I.M.⁴¹PhD in Chemistry, ^{2,3,4}Senior research employee,

FGBNU "All-Russian research institute of tobacco, makhorka and tobacco products" in Krasnodar

INVESTIGATION OF LIQUIDS FOR ELECTRONIC NICOTIN DELIVERY SYSTEMS**Abstract**

The analysis algorithm aimed at the creation of a standardized procedure for the detection of nicotine in liquids for electronic cigarettes (electronic nicotine delivery systems, ENDS) is presented in the paper. The chromatographic conditions, the order of preparation of standard and calibrated solutions, the conditions for taking a sample and preparing samples for liquids and ENDS cartridges are determined. Formulas for calculating nicotine in liquids and cartridges for ENDS are provided. The results of the study confirmed the reliability of obtained data on the determination of nicotine content in liquids for ENDS.

Keywords: nicotine, electronic cigarette, electronic nicotine delivery systems, cartridge, chromatography.

В настоящее время электронные системы доставки никотина (ЭСДН или электронные сигареты) приобретают в России значительную популярность у молодежи - открываются вейп-клубы, продаются жидкости и аксессуары для электронных сигарет. Электронная система доставки никотина представляет собой ингалятор специального назначения для личного пользования, в процессе работы которого образуется высокодисперсный аэрозоль за счет интенсивного испарения специальной жидкости (Е-жидкости). Получаемый аэрозоль на вдохе и выдохе внешне похож на табачный дым. В составе жидкости основная массовая доля приходится на глицерин и пропиленгликоль, также присутствуют никотин, ароматизаторы и некоторые вспомогательные вещества. Жидкости для самостоятельной дозаправки картриджей для электронных сигарет выпускаются с различным содержанием никотина, однако могут и не содержать никотин, о чем указывается в составе на этикетке.

В настоящее время стандартизированная методика определения никотина в жидкостях для электронных систем доставки никотина отсутствует, и продукция на рынке не контролируется уполномоченными органами. Таким образом, существующая проблема определила актуальность цели исследования, проводимого лабораторией химии и контроля качества в 2016 г. - изучение возможности определения никотина в жидкостях для электронных систем доставки никотина и разработка методики определения никотина в жидкостях для ЭСДН.

Для выполнения поставленной задачи был проведен расширенный литературный поиск по проблеме исследования состава жидкостей для электронных систем доставки никотина, который показал, что не существует стандартизированных методов для характеристики электронных жидкостей. Зарубежными и отечественными аналитическими лабораториями протестированы коммерческие образцы Е-жидкостей в основном на содержание никотина, пропиленгликоля, глицерина и воды. Эти компоненты определяли с помощью методов газовой хроматографии с использованием своих собственных аналитических методов. Для проведения исследований использовали хроматографы, имеющие пламенно-ионизационные детекторы, детекторы по теплопроводности, набивные и капиллярные колонки. При подготовке калибровочных растворов для приготовления разбавителя использовался этиловый спирт, количество калибровочных растворов составляло от 4 до 12, навеска анализируемой жидкости изменялась в пределах 100-1000 мг [1].

Оснащенность высокотехническим оборудованием, химическими реактивами, высококвалифицированными специалистами и наличие разработанной в лаборатории химии и контроля качества ФГБНУ ВНИИТТИ методики определения никотина в табаке с помощью газо-жидкостной хроматографии [2] обусловили возможность разработки методики определения никотина в жидкостях для электронных систем доставки никотина.

В качестве материала для исследования использовались коммерческие образцы жидкостей и одноразовых картриджей для ЭСДН с различным содержанием никотина. Научные исследования проводились на базе имеющегося в лаборатории химии и контроля качества аналитического оборудования: газожидкостных хроматографов «Agilent 7890В», «Кристалл 2000М», «ЦВЕТ 500». Используемые хроматографы были оснащены различными хроматографическими колонками (набивными и капиллярными) и обеспечивали условия хроматографирования, которые позволяли количественно разделить пики внутреннего стандарта, никотина и других сопутствующих компонентов.

Предварительно определили условия взятия навески, минимально-детектируемое количество никотина, провели выбор растворителя, подобрали условия хроматографирования. Например, для хроматографа «Agilent 7890В» рекомендуемые условия хроматографирования следующие:

хроматографическая капиллярная колонка длиной – 60 м, диаметром – 0,320 мм, толщина пленки фазы – 0,25 мкм, фаза: DB WAX; температура колонки - 155° С; температура инжектора - 300° С; температура детектора - 300° С; расход газов: газ - носитель – азот - 8 мл/минуту; водород – 30 мл/минуту; воздух – 300 мл/минуту. Длительность анализа – 10 минут.

Также был разработан алгоритм проведения анализа, который включал в себя: приготовление раствора с внутренним стандартом; приготовление стандартного и калибровочных растворов; построение калибровочного графика; подготовку проб образцов жидкостей и картриджей для ЭСДН; хроматографирование исследуемых образцов; определение плотности жидкостей для ЭСДН; расчет содержания никотина в жидкостях для ЭСДН.

На основании анализа литературного материала и практической работы в качестве базового метода определения никотина в жидкостях и картриджах для ЭСДН был выбран метод CORESTA № 62 «Determination of nicotine in tobacco products by gas chromatographic analysis», внутреннего стандарта - хинальдин. При построении калибровочных графиков стандартным веществом никотина являлся никотина салицилат. Массу навески жидкости для ЭСДН приняли в количестве 1000 мг, взвешенной на аналитических весах с погрешностью взвешивания до 0,0001 г. Реактивы, экстрагент, растворы, жидкости и картриджи для ЭСДН выдерживались перед использованием не менее 2 часов в лабораторных условиях ($t = 22 \pm 2$)° С.

Для приготовления стандартного раствора в мерную колбу на 50 мл взвешивали на аналитических весах 0,0926г салицилата никотина (что соответствует 50 мг никотина), доливали до метки разбавителем и тщательно перемешивали. Концентрация полученного стандартного раствора - 1,0 мг/мл никотина. В качестве разбавителя готовили раствор с внутренним стандартом: в мерную колбу на 1 литр количественно с помощью этилового спирта переносили взятую на аналитических весах навеску хинальдина 0,500 г (внутренний стандарт), до метки доливали этиловым спиртом и тщательно перемешивали.

Для построения калибровочных графиков на хроматографах, участвующих в исследовании, готовили калибровочные растворы с содержанием никотина 0,05 мг/мл - 1,0 мг/мл. Аликвотную часть (1 мкл) вводили в газовый хроматограф, регистрировали площади пиков (или высот) никотина и внутреннего стандарта. Построение калибровочной зависимости выполняли в соответствии с инструкцией и программой используемого хроматографа, при этом калибровочные графики были линейными, а линия регрессии проходила через начало координат.

Перед основным исследованием жидкостей для ЭСДН на содержание никотина проводился предварительный анализ жидкостей двумя способами: изменяя навески жидкости и проводя разбавление экстракта. Анализ результатов показал, что при разбавлении экстракта определяемое количество никотина варьировало в большей степени, тогда как при взятии навесок жидкости различной массы эти изменения были меньше.

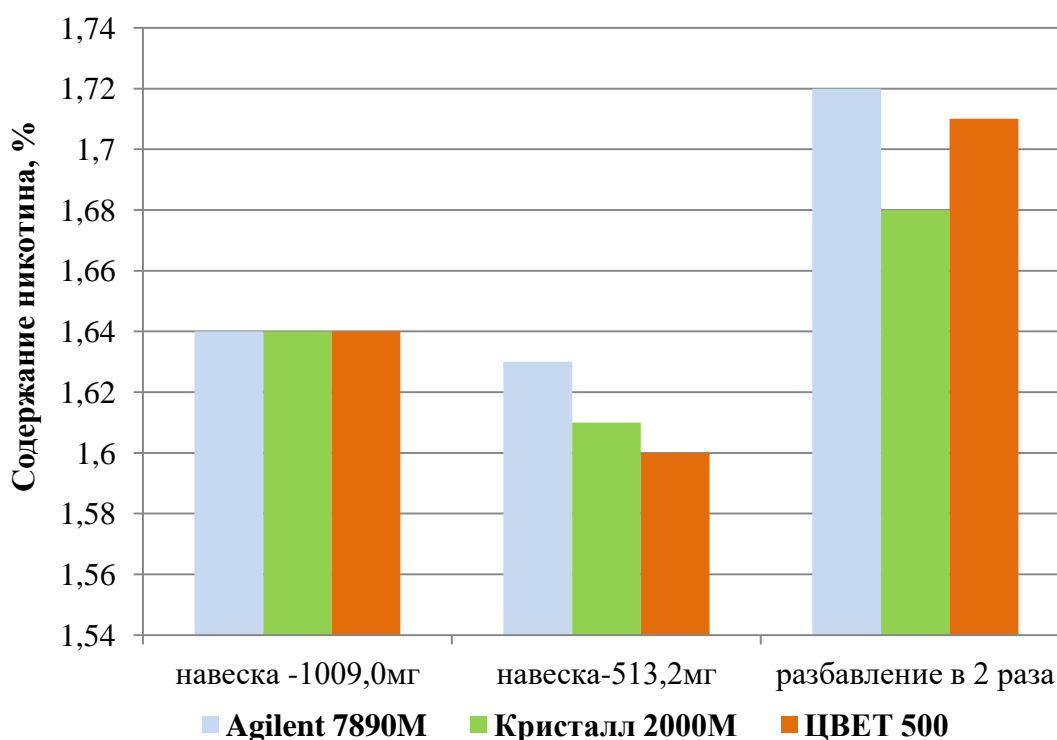


Рис. 1- Определение содержания никотина в жидкости для ЭСДН в образце № 7 на различных хроматографах

Наглядным примером может служить определение содержания никотина в жидкости для ЭСДН в образце № 7, представленное на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, содержание никотина в случае взятия различных навесок, было определено практически одинаково на всех хроматографах, тогда как при разбавлении экстракта содержание никотина было несколько выше, что свидетельствует о погрешности определения никотина в результате разбавления.

Результаты определения никотина в исследуемых образцах жидкостей для ЭСДН по каждому хроматографу, представленные в таблице 1, показали хорошую сходимость результатов между операторами.

Таблица 1 – Результаты определения никотина в жидкостях для ЭСДН

№ обр.	Содержание никотина, %								
	«Agilent 7890B»			«Кристалл 2000М»			«ЦВЕТ 500»		
	номер повторности			номер повторности			номер повторности		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
2	0,91	0,91	0,92	0,89	0,90	0,90	0,96	0,95	0,96
3	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,57	0,57	0,57
4	0,23	0,23	0,23	0,22	0,23	0,22	0,26	0,27	0,26
6	0,28	0,27	0,28	0,21	0,22	0,22	-	-	-
8	1,09	1,09	1,09	1,06	1,07	1,06	1,14	1,15	1,14
10	1,43	1,43	1,46	1,41	1,41	1,42	1,48	1,48	1,49
11	0,98	0,98	0,98	0,96	0,96	0,95	1,03	1,02	1,01
12	9,16	9,10	9,04	9,11	9	8,92	9,1	9,12	9,01

Кроме того, расчеты стандартных отклонений и дисперсий для всех образцов жидкостей при определении никотина одним и тем же оператором показали высокую точность полученных результатов.

В целях исследования жидкостей, содержащихся в картриджах для ЭСДН, было проанализировано 8 образцов картриджей, содержание никотина в которых составляло от 0 % до 1,8 % (указание на упаковке). Подготовка проб для проведения анализа образцов жидкостей и картриджей для ЭСДН несколько отличалась, так как навеску жидкости для ЭСДН взвешивали на аналитических весах, а содержимое картриджа без взвешивания помещали в колбу для анализа, туда же помещали небольшие кусочки фильтровальной бумаги, которыми был протерт картридж изнутри, чтобы исключить потери жидкости. Таким образом, условия взятия навески зависели от вида продукции. Дальнейшие этапы подготовки пробы проводили аналогично этапам жидкости для ЭСДН. Фактическое содержание никотина в картриджах приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты определения никотина в картриджах для ЭСДН

№ обр.	Содержание никотина на упаковке, %	Фактическое содержание никотина, мг/картридж					
		«Agilent 7890M»		«Кристалл 2000М»		«ЦВЕТ 500»	
		1 повт.	2 повт.	1 повт.	2 повт.	1 повт.	2 повт.
1	0	-	-	-	-	-	-
2	0,6	6,22	6,22	6,04	6,08	6,46	6,50
3	1,2	11,76	11,74	11,64	11,60	12,18	12,26
4	1,8	18,14	18,10	18,12	18,20	18,78	18,92
4	1,8 *	18,32	18,36	17,96	18,20	19,04	19,12
5	0	-	-	-	-	-	-
6	0,6	5,92	5,90	5,78	5,82	6,36	6,28
7	1,2	11,16	11,20	11,02	11,02	11,60	11,52
8	1,8	19,72	19,68	19,70	19,62	20,56	20,76
8	1,8 *	20,16	20,12	19,88	19,92	20,88	20,96

Примечание: * - разбавление экстракта в 2 раза

Анализ результатов определения никотина в картриджах показал следующее: в образцах № 1 и № 5 никотин не обнаружен, что соответствует содержанию никотина на упаковке; разбавление экстракта в два раза в образцах № 4 и № 8 повлекло за собой некоторое увеличение определяемого количества никотина; высокую сходимость результатов определения никотина одним и тем же оператором.

Расчет количества никотина в жидкости для электронных систем доставки никотина проводили по уравнению:

$$N \% = \frac{X \times V \times 100}{P}$$

или

$$N \text{ мг/мл} = \frac{X \times V \times \rho \times 1000}{P}$$

где: X – количество никотина, определенное по калибровочному графику или уравнению регрессии, мг/мл;

V – объем экстрагента, добавленный к жидкости для электронных систем доставки никотина, мл (20 мл);

P – навеска жидкости для электронных систем доставки никотина, мг;

ρ – плотность жидкости для электронных систем доставки никотина, г/мл.

Расчет плотности жидкости для электронных систем доставки никотина может проводится по формуле:

$$\rho \text{ г/мл} = \frac{M_{cp}}{v}$$

где: M_{cp} – среднеарифметическое значение 5 определений массы 5 мл жидкости для электронных систем доставки никотина, г;

v – объем жидкости для электронных систем доставки никотина, мл (5 мл).

Расчет количества никотина в картридже для электронных систем доставки никотина проводили по уравнению:

$$N \text{ мг/картридж} = \frac{X \times V \times V_2}{V_1}$$

где: X – количество никотина в анализируемой пробе, определенное по калибровочному графику или уравнению регрессии, мг/мл;

V – объем экстракта, мл (20 мл);

V₁ – часть экстракта, взятая для разбавления, мл;

V₂ – объем мерной посуды для разбавления, мл.

На основании результатов проведенных исследований и статистических расчетов были сделаны следующие выводы:

- соблюдение условий хроматографирования и алгоритма проведения анализа позволяют количественно определить содержание никотина в жидкостях для ЭДСН;

- в случае, когда содержание никотина в хроматографируемой пробе жидкости для электронных систем доставки никотина превышает 1,0 мг/мл или является крайним для калибровочного графика, навеску жидкости следует уменьшить или увеличить так, чтобы получить значение, находящееся внутри калибровочного графика;

- разработанная методика позволяет получить достоверные данные о содержании никотина в жидкостях и картриджах для ЭДСН в целях контроля за данной продукцией на рынке.

Метрологические характеристики метода (повторяемость (r) и воспроизводимость (R)) уточняются и будут приведены после статистической обработки результатов межлабораторных сравнительных испытаний (МСИ), которые проводятся по инициативе ФГБНУ ВНИИТТИ в соответствии с разработкой проекта национального стандарта ГОСТ Р «Электронные системы доставки никотина. Общие технические условия».

Список литературы / References

1. Кочеткова С.К. Исследование особенностей курения кальяна и электронных сигарет / С.К. Кочеткова, И.М. Остапченко // Материалы региональной научно-практической конференции «Научное обеспечение производства сельскохозяйственной и пищевой продукции высокого качества и повышенной безопасности». – Краснодар: ГНУ ВНИИТТИ., 2011. - С. 249-256.

2. Лабораторный контроль табачного сырья, нетабачных материалов и табачной продукции. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2014. - С. 79-82.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kochetkova S.K. Issledovanie osobennostej kurenija kal'jana i jelektronnyh sigaret [Studying peculiarities of waterpipe and electronic cigarettes smoking] / S.K. Kochetkova, I.M. Ostapchenko // Materialy regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii «Nauchnoe obespechenie proizvodstva sel'skhozajstvennoj i pishhevoj produkcii vysokogo kachestva i povyshennoj bezopasnosti» [Materials of regional scientific and practical conference “Scientific provision for manufacturing agricultural and food products of high quality and increased safety”]. – Krasnodar: GNU VNIITTI, 2011. - P. 249-256. [in Russian]

2. Laboratornyj kontrol' tabachnogo syr'ja, netabachnyh materialov i tabachnoj produkcii [Laboratory control of cured tobacco, non-tobacco and tobacco products]. – Krasnodar : Prosveshenie-Yug, 2014. - P. 79-82. [in Russian]

«Международный научно-исследовательский журнал» включен в систему **OpenAIRE**.

OpenAIRE — европейская поисковая система по академическим материалам открытого доступа. Один из главнейших репозиториев научной информации в Европейском Союзе. Данная база позволяет увеличить цитируемость Ваших материалов в Европе.



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.147>Кротова Е.Л.¹, Андреев Р.А.²¹Кандидат физико-математических наук, доцент, ²ORCID:0000-0001-8875-2802, аспирант,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПЕРСЕПТРОНА И ЛИНЕЙНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПАКЕТЕ MATLAB ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЗЛОУМЫШЛЕННИКА В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**Аннотация**

Разработана математическая модель обнаружения злоумышленника в системе, проведено исследование данных, необходимых для обучения и реализации нейронной сети. Представлены результаты обучения и реализации нейронных сетей на основе персептрона и линейных нейронных сетей в пакете MATLAB для распознавания присутствия злоумышленника в информационной системе. Посчитаны вероятности ошибок I и II рода для метода обнаружения злоумышленника на основе персептрона. Определено среднеквадратическое отклонение для анализируемых видов нейронных сетей. Результаты показали, что нейронная сеть на основе персептрона способна точнее определить злоумышленника в системе.

Ключевые слова: нейронные сети, персептрон, MATLAB.

Krotova E.L.¹, Andreev R.A.²¹PhD in Physics and Mathematics, associate professor, ²ORCID:0000-0001-8875-2802, postgraduate student,

Perm National Research Polytechnic University

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE NEURAL NETWORKS BASED ON PERCEPTRON AND LINEAR NEURAL NETWORKS IMPLEMENTATION RESULTS IN MATLAB FOR DETECTING INTRUDERS IN INFORMATION SYSTEM**Abstract**

Mathematical model of the intruder detection system is developed. Data needed for training and implementation of a neural network was studied. The results of training and implementation of neural networks based on perceptron and linear neural networks in MATLAB for recognizing intruder presence in information system were shown. The probability of type I and type II errors of intruder detection method based on the perceptron was calculated. The standard deviation for the analyzed types of neural networks was defined. The results showed that the neural network based on perceptron is able to determine intruder in the system more precisely.

Keywords: neural networks, perceptron, MATLAB.

Сегодня, во времена информационных технологий, информационная безопасность становится вопросом критической важности. Для обнаружения злоумышленника и предотвращения атак используются системы обнаружения вторжений. Даже хорошие СОВ неидеальны и могут допускать ошибки. Чтобы свести вероятность ошибки к минимуму, нужно использовать наиболее эффективные методы обнаружения злоумышленника в системе. Сейчас все большую популярность в этом вопросе приобретают статистические методы и среди них нейронные сети. Данные методы позволяют выявить anomальное поведение пользователя в системе путем сравнения с нормальным поведением. Метод, основанный на нейронных сетях, обладает большим быстродействием, требует меньше время на реализацию и позволяет анализировать большой объем данных, что увеличивает его эффективность относительно других статистических методов.

При обнаружении злоумышленника в системе предполагается, что его поведение отличается от поведения легального пользователя и эти различия можно оценить количественно. Невозможно будет увидеть совершенно разную работу в системе нелегального пользователя по сравнению с легальным, тем не менее можно отследить в их поведении общие черты и рассчитать вероятность ошибки.

В отличие от других статистических методов обнаружения нарушителя в системе, метод, основанный на нейронных сетях, позволяет анализировать огромные массивы разнообразных данных по действиям пользователя и определять, является пользователь легальным или нет.

Для разработки модели обнаружения нарушителя в системе возьмем за основу искусственную нейронную сеть. Определим параметры математической модели. Входными параметрами модели будет являться вектор, представляющий собой множество бинарных данных, характеризующих действия пользователя в системе. Ядром математической модели будет являться нейронная сеть, обученная анализировать входные данные и выявлять в них аномалии, что будет интерпретироваться как anomальное поведение пользователя.

Выходные параметры: «0» и «1», где 0 – пользователь легальный, 1 – пользователь нелегальный (рис.1).

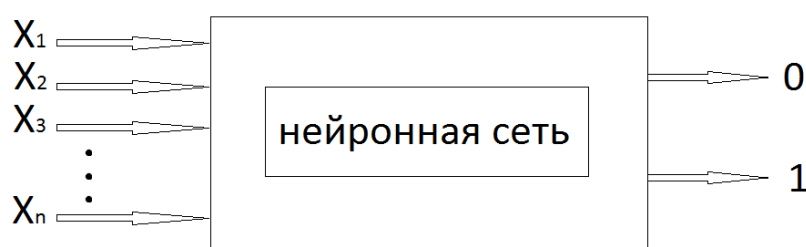


Рис.1 – Математическая модель обнаружения нарушителя в системе

Для реализации методов обнаружения злоумышленника в системе на основе нейронных сетей используем массив данных, представленных в бинарном виде, которые характеризуют действия пользователя в системе.

Первый столбец представляет собой реальное положение пользователя:

- 0 – легальный;
- 1 – нелегальный.

Все последующие столбцы – данные, которые соответствуют поведению пользователя. Так как массив содержит более 700 видов оцениваемых данных по более 1500 пользователей, очень сложно провести его анализ. Для того, чтобы сократить массив и составить таблицу из наиболее показательных примеров, проведем корреляцию. Рассчитаем коэффициенты корреляции для каждого столбца относительно первого. Выберем 30 столбцов, модуль коэффициента корреляции которых наиболее приближен к 1. Данную таблицу разделим пополам по строкам. Первую часть будем использовать для построения и обучения нейронной сети [1]. Вторую – для реализации метода и выявления ошибок относительно реальных данных. Для удобства построения нейронной сети и избегания ошибок, изменим положение полученных таблиц – транспортируем столбцы в строки.

Создадим в пакете MATLAB [2] три таблицы с данными.

Таблица input представляет собой входные данные для построения и обучения нейронной сети, взятые из первой части таблицы. Таблица target содержит выходные данные для каждого столбца таблицы input. Таблица sample заполняется данными второй части таблицы. Эти данные в дальнейшем будут использоваться для реализации нейронной сети и выявления ошибок. Далее создаем нейронную сеть. Рассмотрим процесс обучения сети на персептроне [3], для линейной нейронной сети процесс будет аналогичным. В качестве входных данных выбираем таблицу input, а в качестве выходных – target. Выбираем «Perceptron» (или «Linear layer») как тип нейронной сети.

После того, как сеть будет создана, открываем вкладку train, в которой расположены параметры для настройки обучения сети. Также выбираем в качестве входных данных input в качестве выходных – target. Параметры обучения оставляем по умолчанию и запускаем обучение нейронной сети. Можно в любой момент остановить обучение, в противном случае оно автоматически завершится после 1000 итераций (рис 2).

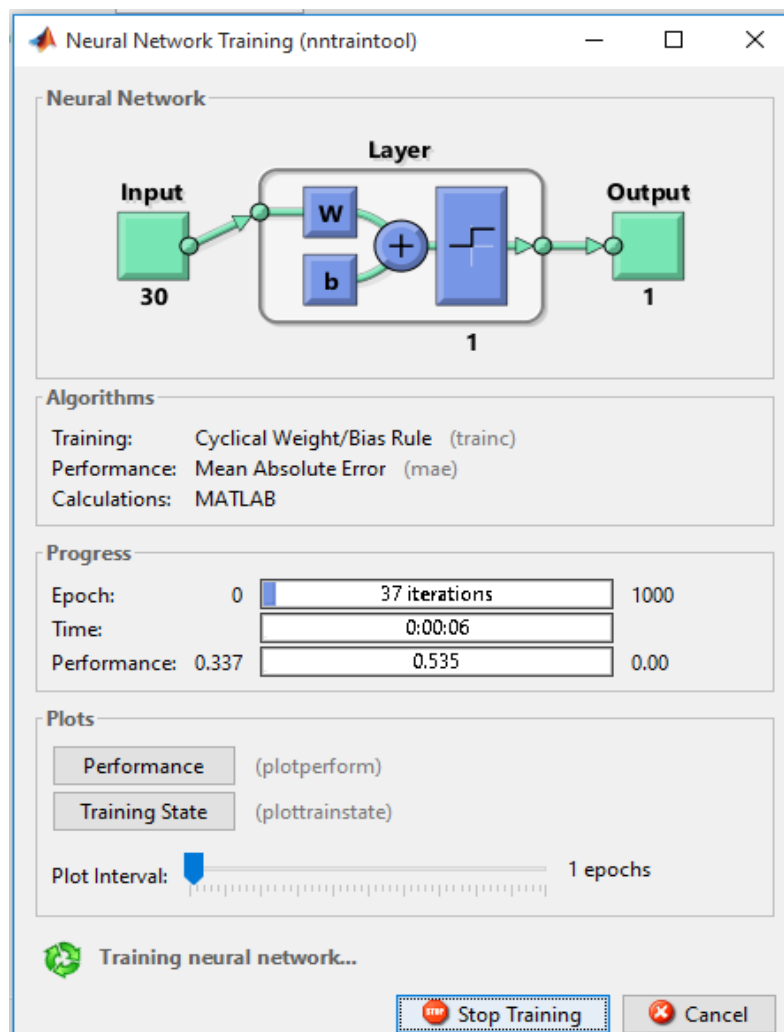


Рис. 2 – Процесс обучения сети

Теперь, обучив сеть, мы можем смоделировать выходные данные для таблицы sample и сравнить их с реальными данными. Во вкладке Simulate в качестве входных данных выбираем таблицу sample и создаем предполагаемые выходные данные predicted.

Открыв вкладку predicted, мы получим окно смоделированных выходных данных для таблицы sample (рис. 3).

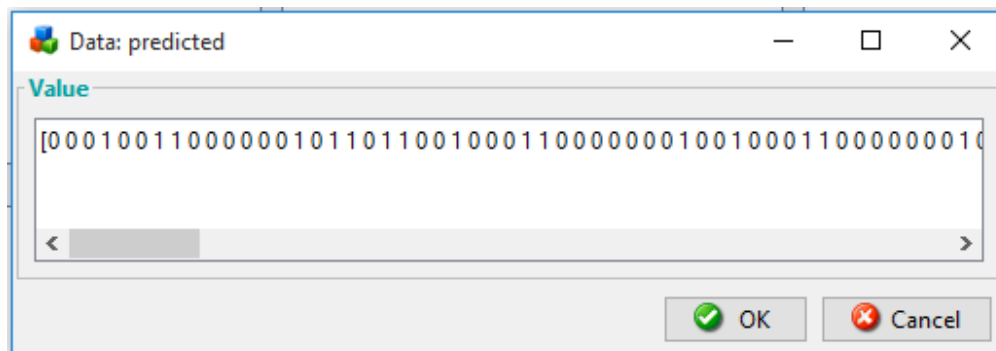


Рис. 3 – Полученные выходные данные для нейронной сети на персептроне

Полученные данные сравним с реальными и выявим ошибки I-го и II-го рода. Ошибка I-го рода возникает, когда легального пользователя принимают за нелегального: реальные данные – 0; результаты нейронной сети – 1. Ошибка II-го рода возникает, когда нелегального пользователя принимают за легального: реальные данные – 1; результаты нейронной сети – 0. В строках «Ошибки I-го рода» и «Ошибки II-го рода» используем функцию ЕСЛИ соответственно для нуля или единицы в строке «Реальные данные». Если результат нейронной сети равен реальным данным в ячейку заполняется 0 – нет ошибки, если не равен – 1 – ошибка есть.

Посчитаем теперь количество единиц и определим, что количество ошибок I-го рода равно 23, а количество ошибок II-го рода – 63 (рис. 4).

[illegible]

Рис. 4 – Определение количества ошибок I-го и II-го рода

Таким образом, выражая полученные результаты в процентах, получим: вероятность ошибки I-го рода – 21,3%, вероятность ошибки II-го рода – 25,1%.

Проведем описанные выше расчеты для линейной нейронной сети. В данном случае в структуре результирующих данных преобладают нули, что говорит о том, что сеть определяет пользователя как легального в большинстве случаев (рис. 5).

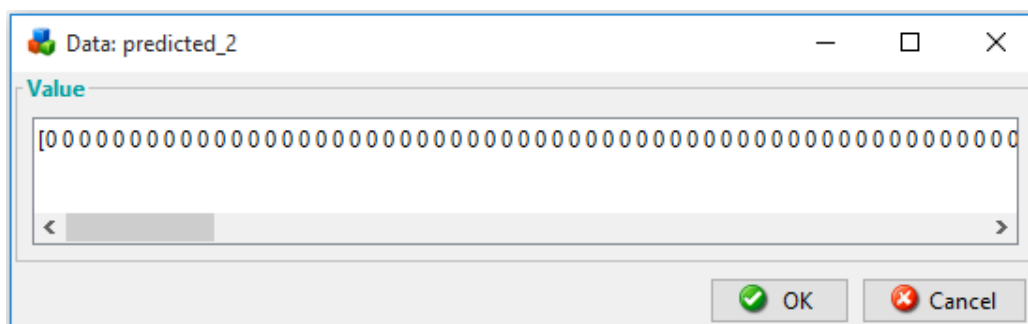


Рис. 5 – Полученные выходные данные для линейной нейронной сети

Таким образом, можно сделать вывод, что персептрон наиболее подходит для решения поставленной задачи, так как для других сетей задача решается хуже.

Построим графики среднеквадратического отклонения для реализованных нейронных сетей. Среднеквадратическое отклонение для сети на персептроне меньше (рис. 6а), чем для линейной нейронной сети (рис. 6б), что так же свидетельствует о том, что сеть на персептроне способна точнее определить злоумышленника в системе.

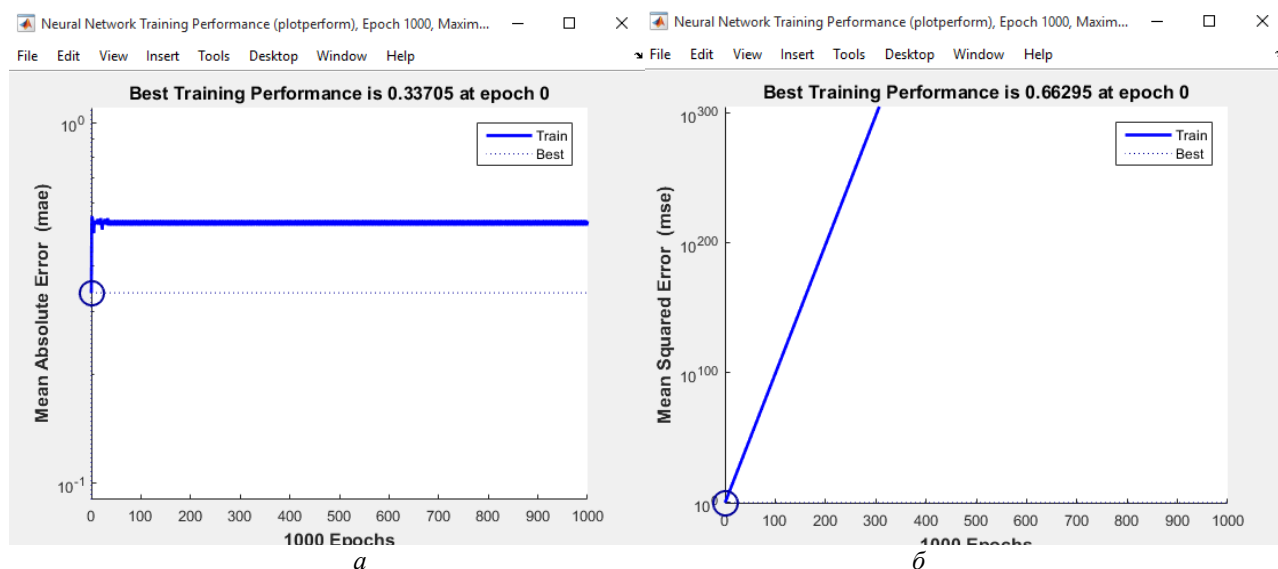


Рис. 6 – Графики средневзвешенного отклонения нейронной сети на персептроне (а) и линейной нейронной сети (б)

Несмотря на то, что предложенный метод имеет ряд недостатков, он превосходит многие статистические методы по количеству преимуществ. Данный метод прост в использовании, не требует большого объема памяти и обладает хорошим быстродействием, что позволяет легко внедрить его в работу предприятия для обнаружения злоумышленника в системе. Предложенный метод на основе нейронной сети имеет возможность работать с большими объемами данных, что позволит более точно составить «портрет» злоумышленника и идентифицировать его в системе.

Список литературы / References

1. Lawrence J. Introduction to Neural Networks / J. Lawrence. – California Scientific Software Press, 1994. – 25p.
2. Demuth H., Beale M. Neural Network Toolbox User's Guide / The MathWorks, Inc., 2002. – P. 3-2–3-36.
3. Minsky M. L., Papert S. A. Perceptrons. / M. L. Minsky. – Cambridge, MA: MIT Press, 1969. – 5p.



«Международный научно-исследовательский журнал» включен в базу данных **WorldCat**.

WorldCat — крупнейшая в мире библиографическая база данных, насчитывающая свыше 240 млн записей о всех видах произведений на 470 языках мира. База создается совместными усилиями более чем 72 тыс. библиотек из 170 стран мира в рамках организации OCLC.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.116>Маилян Д.Р.¹, Батаев Д. К.-С.², Газиев М.А.³, Мажиева А.Х.⁴¹Доктор технических наук, Донской государственный технический университет,²Доктор технических наук, Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова РАН,³Кандидат технических наук, ⁴Аспирант,

Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова

ПАКЕТНО-РЕЗАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДНАПРЯЖЕННЫХ КРУПНОРАЗМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА**Аннотация**

Разработана и опробована в заводских условиях пакетно-резательная технология изготовления предварительно напряженных плит перекрытия и покрытия из газобетона с доавтоклавной разрезкой массива. Получены экспериментальные данные о соответствии их прочности, жесткости и трещиностойкости, изготовленных по данной технологии опытных конструкций, требованиям ГОСТ 8829-94. Возможность совмещения предварительно напряженного армирования с резательной технологией приводит к значительной (более 30 %) экономии арматурной стали и расхода газобетонной смеси, а также позволяет в 3-4 раза увеличить выпуск продукции с единицы площади производства при одновременном повышении их трещиностойкости и долговечности.

Ключевые слова: автоклавный ячеистый бетон, предварительно-напряженное армирование, пакетно-резательная технология, прочность, жесткость, трещиностойкость и долговечность.

Mailyan D.R.¹, Bataev D.K.-S.², Gaziev M.A.³, Mazhieva A.Kh.⁴¹PhD in Engineering, Don State Technical University,²PhD in Engineering, Complex Scientific and Research Institute named after Kh.I. Ibrahimov of RAS,³PhD in Engineering, ⁴Postgraduate,

Grozny State Petroleum Technical University named after Academician M.D. Millionshchikov

PACKAGE-CUTTING TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF PRESTRESSED LARGE-SIZED PRODUCTS FROM AUTOCLAVED AERATED CONCRETE**Abstract**

The package-cutting technology for manufacturing of prestressed top slabs and floor structures made of aerated concrete with pre-autoclave cutting of the array was developed and tested at the factory. There were obtained the data on parameters of experimental designs manufactured according to this technology confirming their strength, rigidity and crack resistance, meet the requirements of GOST 8829-94. The possibility of combining prestressed reinforcement with cutting technology results in significant (more than 30%) savings in reinforcing steel and the use of aerated concrete, and also allows to increase 3-4 times the output from a production area while increasing their crack resistance and durability.

Keywords: autoclaved cellular concrete, pre-stressed reinforcement, package-cutting technology, strength, rigidity, crack resistance and durability.

Автоклавный ячеистый бетон является одним из эффективных строительных материалов для ограждающих конструкций жилых и гражданских зданий, выполняющим одновременно несущие и теплозащитные функции.

Однако для крупноразмерных изгибаемых конструкций присущи и некоторые отрицательные свойства, обусловленные относительно низкой величиной модуля деформации ячеистого бетона, главные из них – пониженная трещиностойкость и жесткость. Появление и раскрытие трещин ухудшает внешний вид изгибаемых конструкций и в большинстве случаев приводит к снижению их долговечности. Низкая жесткость вызывает перерасход арматурной стали на 25-40%, которую в плитах перекрытия или покрытия из ячеистых бетонов ставят не по условиям прочности, а по условиям обеспечения надлежащей жесткости.

Дополнительным фактором, отрицательно влияющим на длительную деформативность (жесткость) и трещиностойкость ячеистобетонных изгибаемых конструкций в стадии их эксплуатации, является процесс карбонизации в ячеистом бетоне, который протекает под воздействием атмосферного углекислого газа и вызывает существенное увеличение их прогибов за счет роста деформации ползучести бетона в сжатой зоне [1, С. 47-52].

Анализ научных исследований в области создания крупноразмерных изделий из ячеистых бетонов, проведенных в 1960-1985г.г. во ВНИИ Железобетоне, НИИЖБе, ЦНИИСКе им.В.А.Кучеренко, Уральском ПромстройНИИпроекте, а также опыт изготовления и практика их эксплуатации на объектах промышленного и гражданского строительства показал, что наиболее радикальным конструктивным мероприятием для повышения их жесткости и трещиностойкости, является применение предварительного натяжения арматуры [2, С.12-33, 3, С.106-107, 4, С. 20-25,5, С. 94-101, 6, С. 83-85, 7].

Было разработано и проверено в заводских условиях в основном три варианта предварительно напряженных панелей покрытия комбинированной конструкции, рабочая арматура которых размещалась в тяжелом бетоне. Тяжелый бетон воспринимает усилия от предварительного натяжения арматуры и обеспечивает защиту последней от коррозии без применения антикоррозионных обмазок, необходимых при размещении арматуры в ячеистом бетоне.

В первом варианте напрягаемая арматура располагается в заранее изготовленных железобетонных брусках, укладываемых на дно формы или поверх конструктивной нижней сетки с соответствующим защитным слоем бетона. Арматура может быть стержневой классов А-III или А-IV, а также высокопрочной проволоочной.

Во втором и третьем вариантах напрягаемая рабочая арматура располагается в плоской или ребристой плите из тяжелого бетона, которая формируется непосредственно перед заливкой ячеистобетонной смеси и вместе с ней подвергается автоклавной обработке.

Одним из последних вариантов преднапряженных плит покрытия из ячеистого бетона был разработан в 80-е годы в лаборатории ячеистых бетонов и конструкций НИИЖБ Госстроя СССР, который предлагает использовать смешанное армирование, но для однослойной конструкции при отсутствии сцепления напряженной арматуры с бетоном [7].

Для обеспечения надежности изгибаемой конструкции функции напряженной и ненапряженной арматуры были разделены. Количество ненапрягаемой арматуры принимали из условия полного обеспечения прочности нормальных сечений, а напрягаемой – только из условия обеспечения требуемой жесткости, но с учетом и ненапрягаемой арматуры. В качестве ненапрягаемой арматуры применяется пространственный каркас в виде волнообразной сетки и стержневой арматуры класса А-III, а напрягаемой – арматуру из высокопрочной проволоки Вр-I или Вр-II. Напрягаемые стержни укладывают в ячеистобетонную массу в проектном положении, а затем перед оправкой конструкции в автоклав проталкивают через бетон в продольном направлении, в результате чего нарушается сцепление арматуры с бетоном и создается возможность ее натяжения на бетон изделия после автоклавной обработки.

Однако широкого практического применения результаты этих работ не имели. Одна из причин этого – усложнение технологии производства изделий с предварительно напряженным армированием и недостаточный, вследствие этого, технико-экономический эффект проявляющийся на стадии их изготовления на заводе.

Принципиальная возможность совмещения предварительно-напряженного армирования с доавтоклавной разрезкой газобетонного массива, может обеспечить выпуск крупноразмерных изделий повышенного качества при высоких технико-экономических показателях на стадии производства, характерных для резательной технологии, а также существенно улучшить их строительно-эксплуатационные характеристики.

Целью настоящей работы явилась разработка заводской пакетно-резательной технологии изготовления преднапряженных плит покрытия и перекрытий из ячеистых бетонов с доавтоклавной разрезкой массива.

Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи:

- запроектировать опытную однослойную ячеистобетонную конструкцию с преднапряженным армированием;
- разработать и изготовить бортоснастку для опробования предлагаемой пакетно-резательной технологии в заводских условиях;
- опробовать данную технологию в условиях реального производства изделий из автоклавных ячеистых бетонов;
- провести испытания изготовленных опытных преднапряженных ячеистобетонных изделий для оценки их прочности, жесткости и трещиностойкости в соответствии с требованиями ГОСТ 8829-94.

Для опытного изготовления в заводских условиях была принята преднапряженная плита междуэтажного перекрытия из газобетона длиной 3200 мм., шириной равной 600 мм и толщиной 160 мм. Такая конструкция является реальной для жилых домов усадебного типа из мелких ячеистобетонных блоков. В то же время опыты с плитами длиной 3200 мм создают предпосылки для довольно полного представления об особенностях технологии изготовления и, следовательно, позволяют сделать обоснованный вывод о целесообразности и эффективности предложенного способа.

Плотность автоклавного газобетона при расчете плиты принята 600 кг/м^3 при классе бетона по прочности на сжатие не менее В 3,5. Плита рассчитана по схеме шарнирно опертой балки, как конструкция 3-ей категории трещиностойкости на временную (полезную) нагрузку 150 кг/м^2 . Напрягаемая арматура принята из стали класса А-III диаметром 8мм, а анкеровка предварительно напряженной арматуры обеспечивается поперечными стержнями диаметром 4мм из стали класса В-I.

Поскольку в существующих нормативных документах отсутствуют предложения по определению потерь предварительного напряжения в арматуре для однослойных ячеистобетонных конструкций, то при расчете первых и вторых потерь в опытных плитах, были учтены экспериментальные данные, полученные нами при исследовании предварительно напряженных элементов конструкций из ячеистого бетона.

Так, потери от релаксации напряжений стали при электротермическом способе натяжения стержневой арматуры на бортоснастку принимаются равными 0,03 от начальной величины преднапряжения. Потери предварительного напряжения в арматуре от обмятия анкеров и от разности температур натянутой арматуры и оборудования, воспринимающего усилие натяжения при прогреве конструкции из ячеистого бетона (температурного перепада) и от быстроснатекающей ползучести бетона, приняты равными нулю.

Потери от деформации стальной формы при электротермическом способе натяжения арматуры не учитываются, поскольку они учтены при определении величины полного удлинения арматуры.

Вторые потери предварительных напряжений в арматуре от усадки и ползучести автоклавного ячеистого бетона (с учетом естественной карбонизации материала) на основе наших исследований приняты равными соответственно 800 кг/см^2 и 1400 кг/см^2 .

Оснастка для опытного изготовления плит состоит из трех-четырех рамок-форм размерами в плане $3200 \times 600 \text{ мм}$ с опрокидывающими бортами, выполненными из швеллера № 16. Одна рамка располагается на поддоне, а последующие опираются полками швеллера на соответствующую нижнюю рамку. Рамки имеют приспособления для фиксации электротермически напрягаемой арматуры, а также устройства, фиксирующие положение рамок при заливке газомассы и в момент разрезки массива. Конструкция рамок позволяет армировать каждую рамку индивидуально с последующей сборкой в пакет или армировать рамки после сборки их в пакет.

По предлагаемой технологии изделия изготавливают в форме, которая представляет собой пакет рамок, свободно уложенных одна на другую и закрепленных разъемными болтовыми соединениями.

В бортоснастку из пакета рамок, с предварительно-напряженными плоскими каркасами, заливают газобетонную смесь и после ее вспучивания, рамки раздвигают специальными упорными болтами по вертикали до образования соответствующего зазора и закрепляют в этом положении. Далее, после достижения газобетонной массой необходимой структурной прочности, равной $150\text{--}200 \text{ г/см}^2$, образовавшийся массив из ячеистого бетона с помощью рояльной струны диаметром 0,8мм разрезают на отдельные изделия.

Армирование опытных плит осуществлялось тремя продольно расположенными плоскими сварными каркасами, у которых нижняя рабочая арматура, расположенная в растянутой зоне, принята \varnothing 8мм класса А-III, а в качестве сжатой и поперечной – конструктивная арматура \varnothing 4мм класса В-I. В растянутых стержнях каркасов, имеющих большую длину, чем сжатые, создавалось предварительное напряжение равное 400 МПа. При этом на концах напрягаемых стержней имелись опрессованные из шайб анкерные головки, с помощью которых они закреплялись за упоры формы.

Натяжение производилось электротермическим способом на специальной установке путем нагревания в течение 1-2 мин продольных стержней электрическим током до температуры 350 – 400°C. После электронагрева каркасы снимались с установки и вручную переносились вдвоем к подготовленной форме и устанавливались в упоры рам.

Контроль напряжения в преднапрягаемой арматуре до заливки ячеистобетонной массы производился по абсолютному удлинению стержней, рассчитанному теоретически в предположении, что напряжение в ней достигнуто заданной величины. Следует отметить, что армирование газобетонной плиты с использованием преднапряженной каркасной арматуры в заводских условиях оказалось достаточно простым и технологичным.

Общий вид опытной формы, состоящей из пакета рамок с установленными преднапряженными плоскими арматурными каркасами, подготовленной для заливки газобетонной смеси показан на рисунке 1.

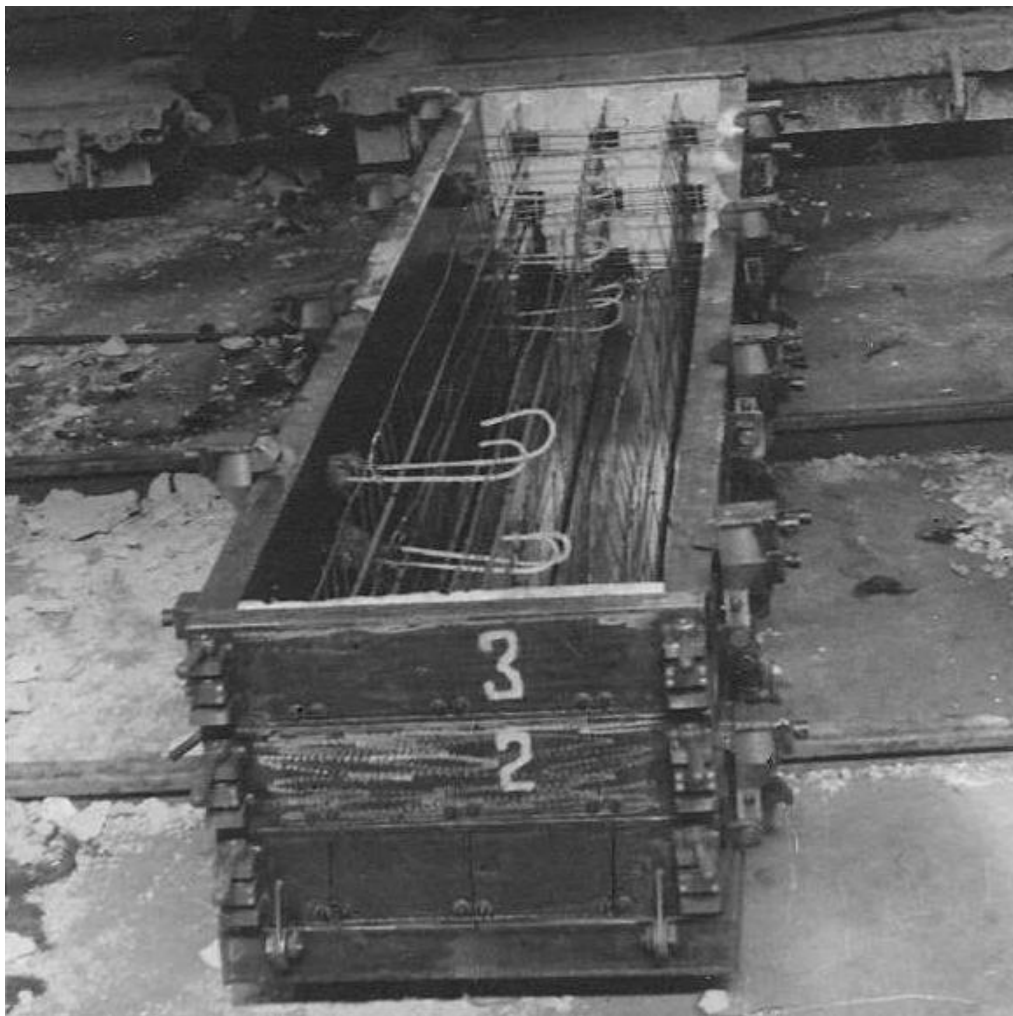


Рис. 1 – Общий вид опытной формы с установленными преднапряженными плоскими арматурными каркасами перед заливкой газобетонной смеси

Выдержка образовавшегося массива из газобетонной смеси после ее заливки в форму, для достижения бетоном соответствующей структурной прочности, необходимой перед ее резкой на отдельные изделия рояльной проволокой, составляла 2- 2,5 часа. Вид формы с изделиями после разрезки газобетонного массива приведен на рис. 2. Газобетонные преднапряженные изделия были запарены в автоклаве по режиму 0,5ч вакуумирование +3 ч подъем температуры +5,5 выдержка при 170°C + 3 часа спуск давления + 0,5 ч вакуумирование + 2 ч охлаждение. Отпуск предварительного натяжения и распалубка опытных газобетонных плит производилась после выхода их из автоклава.

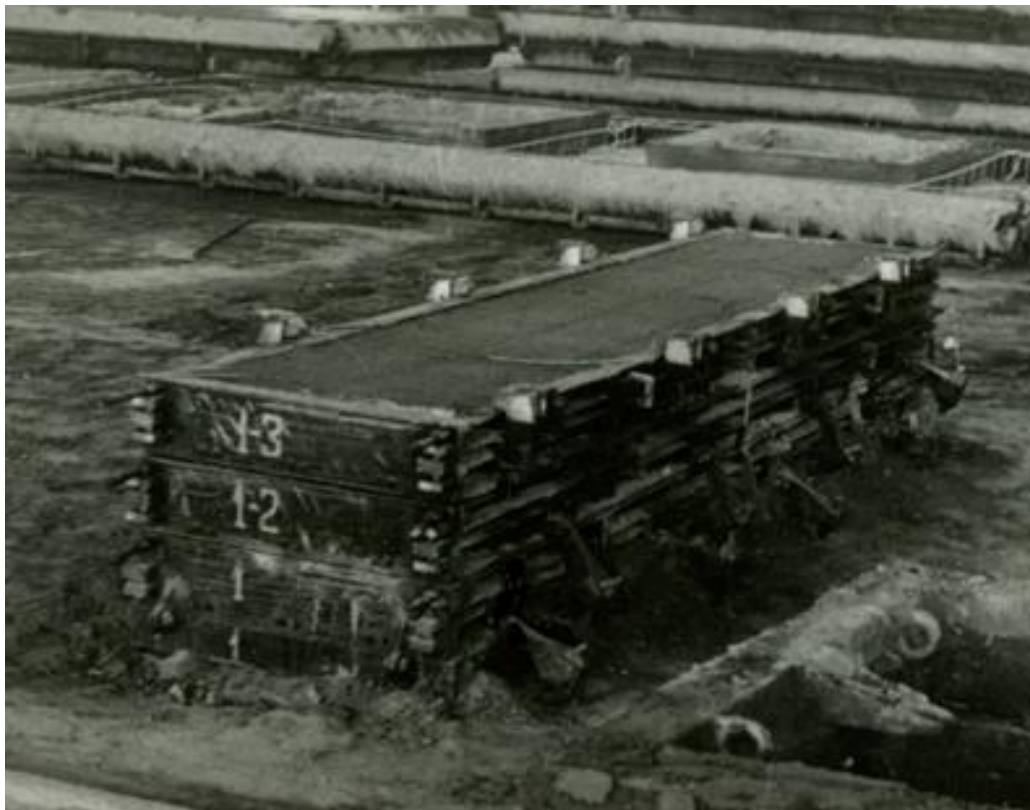


Рис. 2 – Вид формы с изделиями после разрезки газомассы

Предварительно-напряженные опытные плиты из газобетона размерами 160х600х3200 мм, изготовленные на заводе по предлагаемой технологии, были испытаны для оценки их прочности, жесткости и трещиностойкости в соответствии с ГОСТ 8829-94 [8, С. 14-17].

Прочность бетонных кубов-спутников размерами 100х100х100 мм (со средней влажностью бетона 26% по массе), залитых одновременно с опытными плитами, по данным заводской лаборатории получилась равной 4,62 МПа, при этом плотность бетона в сухом состоянии была равной 570 кг/м³.

Испытанию подвергались три опытных плиты. Равномерно распределенная нагрузка была заменена при испытаниях четырьмя сосредоточенными силами, приложенными на расстоянии 387,5 мм и 1162,5 мм от осей опор.

В ходе испытаний измеряли осадку опор, прогиб в середине пролета и на расстоянии 775 мм от осей опор, проскальзывание арматуры, а также ширину раскрытия трещин. Для измерения осадки опор и прогибов использовали индикаторы часового типа с ценой деления 0,01мм; для определения проскальзывания преднапряженной арматуры – индикаторы с ценой деления 0,002мм; для определения ширины раскрытия трещин использовали микроскоп отсчетный МПБ-2 с 24х кратным увеличением. Начальный (нулевой) отсчет по индикаторным приборам часового типа соответствовал нагрузке от массы плит и распределительных устройств.

Нагрузка, прикладываемая на опытную плиту, контролировалась динамометром образцового типа ДОСМ-3-3. После каждого этапа нагружения давали десятиминутную выдержку для снятия соответствующих замеров по измерительным приборам.

При контрольной нагрузке для определения жесткости и трещиностойкости, выдержка при замерах составила 30 мин. На рис. 3. показан общий вид одной из опытных плит в испытательной установке перед началом испытания.

Для оценки результатов испытаний преднапряженных плит перекрытия были определены контрольные нагрузки по прочности и жесткости, контрольный прогиб и контрольная ширина раскрытия трещин.

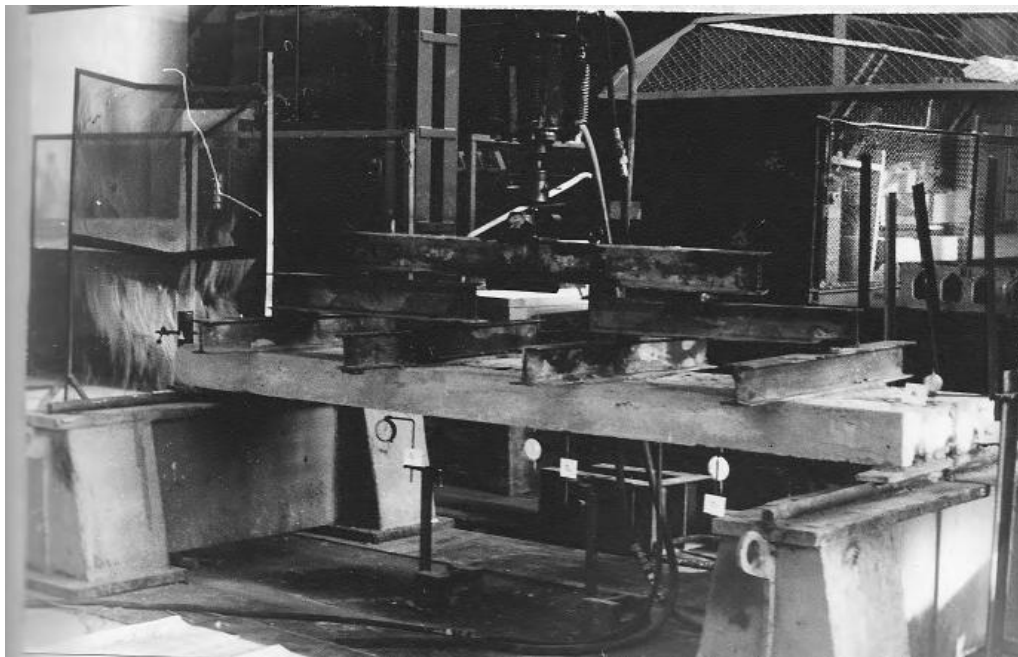


Рис. 3 – Общий вид опытной плиты в испытательной установке

При этом значения контрольных разрушающих нагрузок при расчете прочности по нормальному сечению получились для первой плиты перекрытия – 27,6 кН, для второй – 25,2 кН, для третьей – 24,6 кН.

Теоретические разрушающие нагрузки для этих же плит при расчёте прочности по наклонному сечению получились равными 32,8; 31,1; 30,6 кН соответственно.

Согласно ГОСТ 8829-94, изделия признаются выдержавшими испытания по прочности, если нагрузка, вызвавшая предельное состояние, будет равной или превышающей контрольную [8, С.25].

Разрушение опытных плит во всех случаях произошло по сечениям наклонным к продольной оси конструкции (рис.4), поэтому сопоставление фактической разрушающей нагрузки для каждой плиты производится с теоретической разрушающей нагрузкой при расчёте прочности по наклонному сечению (табл.1).

Как видно из таблицы 1, фактическая разрушающая нагрузка $R_{\phi}^{\text{разр}}$ для всех испытанных плит получилась выше контрольной разрушающей нагрузки $R_k^{\text{разр}}$. Так, для первой плиты фактическая разрушающая нагрузка превысила контрольную нагрузку на 14%, а для второй и третьей плит – на 5 и 8% соответственно.

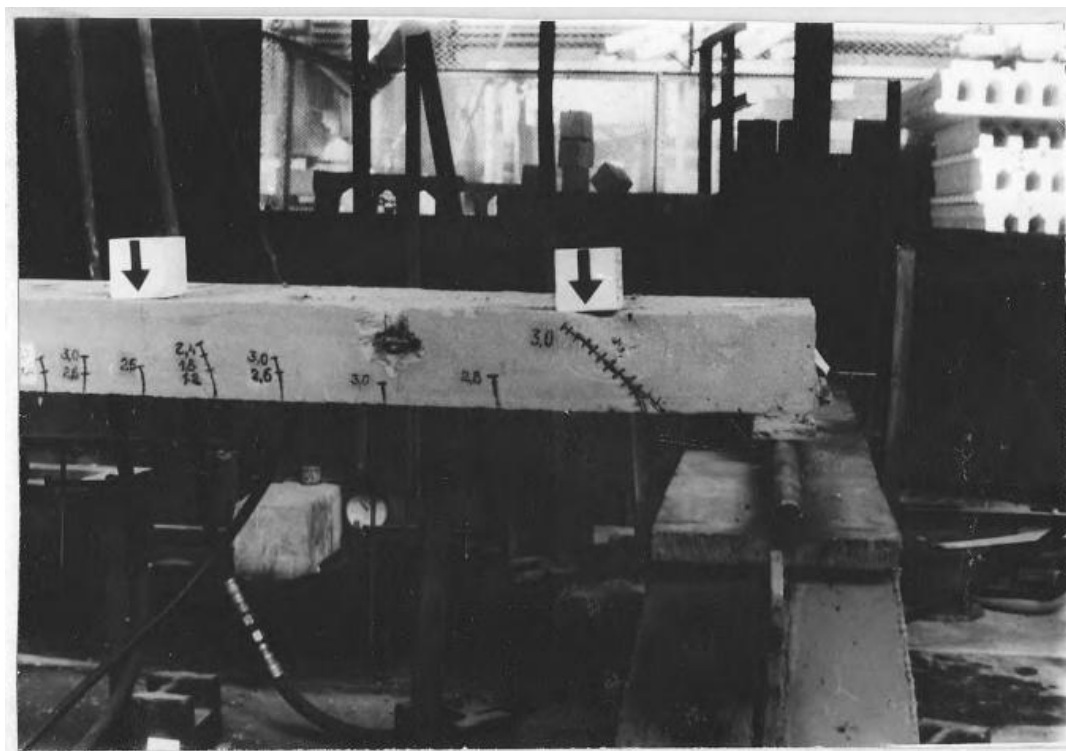


Рис. 4 – Типичный характер разрушения опытных плит

Таблица 1 – Сравнение фактической разрушающей нагрузки $R_{ф}^{разр}$ с теоретической R_T

Номера плит, начиная снизу	Плотность бетона в плитах, кг/м ³	Прочность бетона в плитах, МПа	Отношение $R_{гр}^{куб}/R_p^{куб}$	Прочность наклонных сечений		
				$R_{ф}^{разр.}$	$R_T^{разр.}, кН$	$R_{ф}^{разр.}/R_T^{разр.}$
П-1	570	4,3	1,0	37,4	32,8	1,14
П-2	550	4,0	0,93	33,6	31,1	1,08
П-3	541	3,8	0,88	32,2	30,6	1,05

Примечание. Плотность и прочность газобетона в плитах определялись на высушенных при 105°C кубках-близнецах, выпиленных из опытных плит. Из каждой плиты выпиливали по шесть кубов размерами 10х10х10 см.

Оценка жесткости испытуемых плит производилась путем сравнения фактического прогиба с контрольным. В качестве контрольной нагрузки, при испытании преднапряженных газобетонных плит на жесткость, была принята нормативная нагрузка, равная 7 кН.

Контрольный прогиб определяли как разность между прогибом от полной контрольной нагрузки и прогибом от нагрузки, вызванной массой плиты и распределительных траверс.

Сопоставление фактического прогиба $f_{ф}$, измеренного при контрольной нагрузке после 30-минутной выдержки, с контрольным прогибом f_k , равным 0,71 см, приведено в табл. 2.

Таблица 2 – Сравнение фактического прогиба с контрольным

Номера плит перекрытий, начиная снизу	Фактический прогиб при контрольной нагрузке $f_{ф,см}$	Отношение $f_{ф}/f_k$
П-1	0,38	0,54
П-2	0,57	0,80
П-3	0,60	0,86

В соответствии с ГОСТом 8829-94, испытанные железобетонные изделия признаются годными, если их измеренный прогиб превышает контрольный не более чем на 10 -15%. В то же время, как следует из табл. 2, фактические значения прогибов для испытанных опытных плит получились наоборот ниже величины контрольного прогиба на 14-46% [8, С.15-16].

Ширину раскрытия трещин, в соответствии с требованиями данного ГОСТа, в опытных плитах проверяли при действии нормативной нагрузки после ее выдержки в течение 30 минут [8, С.16-17]. Опытные плиты были запроектированы как конструкции 3й категории трещиностойкости и согласно СП 63.13330.2012 предельно допустимая ширина кратковременного раскрытия трещин для таких конструкций принимается равной 0,4 мм. Следовательно, по ГОСТ 8829-94 контрольная ширина раскрытия трещин плит не должна превышать величину 0,25 мм.

В ходе испытания изготовленных нами опытных плит, при действии нормативной нагрузки, трещины в них не появились. Это свидетельствует о том, что по трещиностойкости, изготовленные нами однослойные преднапряженные плиты из автоклавного газобетона, удовлетворяют существующим нормативным требованиям и могут быть отнесены даже ко второй категории, к которым относятся обычно предварительно напряженные двухслойные конструкции.

Проскальзывание (сдвиг) относительно бетона преднапряженной нижней арматуры в плоском каркасе при контрольной нагрузке по прочности не наблюдалось, а произошло лишь при нагрузке, близкой к разрушающей. Это характеризует надежную анкерровку продольной преднапрягаемой арматуры в плоском каркасе.

Таким образом, анализ и оценка результатов испытаний опытных крупноразмерных газобетонных изделий с преднапряженной арматурой, изготовленных в заводских условиях по предлагаемой нами пакетно-резательной технологии с доавтоклавной горизонтальной разрезкой массива, позволяет сделать вывод о том, что по прочности, жесткости и трещиностойкости эти конструкции удовлетворяют требованиям ГОСТ 8829-94 и могут быть рекомендованы для широкого использования на объектах жилищно-гражданского строительства в качестве плит перекрытия и покрытия, а также наружных стеновых панелей.

Список литературы / References

1. Вылегжанин В.П., Батаев Д.К.-С., Газиев М.А., Гринфельд Г.И. Учет влияния карбонизации при расчете длительной деформативности ячеистобетонных изгибаемых конструкций // Строительные материалы. 2016. №9. С.47-52.
2. Жодзишский И.Л., Макаричев В.В. Крупнопанельные покрытия из ячеистых бетонов. -М.: Стройиздат, 1967. - 144 с.
3. Кривицкий М.Я., Левин Н.И., Макаричев В.В. Ячеистые бетоны. -М.: Стройиздат, 1972. - 137 с.
4. Макаричев В.В., Краснова Г.В., Кривицкий М.Я. Современное производство ячеистых бетонов и их применение в строительстве. - М.: ВНИИЭСМ, 1981. -40 с.
5. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. -М.: Стройиздат, 1986. - 176 с.
6. Батаев Д.К.-С., Газиев М.А., Пинскер В.А. Опыт исследования и внедрения преднапряженных стеновых панелей из автоклавных ячеистых бетонов. // 9-я Международная научно-практическая конференция «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения». - Минск, 2016. - С.83-85.
7. Заявка №3562738/29-33 «Способ изготовления преднапряженной конструкции»/К.П. Муромский, Б.П. Филиппов, В.В. Макаричев и др. Получено положительное решение от 27.09.84г. о выдаче авторского свидетельства.

8. ГОСТ 8829-94. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1997 - 29 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vylegzhanin V.P., Bataev D.K.-S., Gaziev M.A., Grinfel'd G.I. Uchet vlijanija karbonizacii pri raschete dlitel'noj deformativnosti jacheistobetonnyh izgibaemyh konstrukcij [Consideration of the effect of carbonation in the calculation of long-term deformation of flexible cellular concrete structures] // Stroitel'nye materialy [Building materials]. 2016. №9. P.47-52. [in Russian]

2. Zhodzishskij I.L., Makarichev V.V. Krupnopanel'nye pokrytija iz jacheistyh betonov [Large coverage of cellular concrete]. - М.: Strojizdat, 1967.- 144 P. [in Russian]

3. Krivickij M.Ja., Levin N.I., Makarichev V.V. Jacheistye betony [Cellular concrete]. -М.: Strojizdat, 1972.- 137 P. [in Russian]

4. Makarichev V.V., Krasnova G.V., Krivickij M.Ja. Sovremennoe proizvodstvo jacheistyh betonov i ih primenenie v stroitel'stve [Modern production of cellular concrete and their application in construction]. - М.: VNIIEsM, 1981.-40 P. [in Russian]

5. Silaenkov E.S. Dolgovechnost' izdelij iz jacheistyh betonov [Durability of products from cellular concrete]. - М.: Strojizdat, 1986.- 176 P. [in Russian]

6. Bataev D.K.-S., Gaziev M.A., Pinsker V.A. Opyt issledovanija i vnedrenija prednaprjazhennyh stenovyh panelej iz avtoklavnyh jacheistyh betonov [Experience of research and implementation of prestressed wall panels of autoclaved cellular concrete]. // 9-ja Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Opyt proizvodstva i primenenija jacheistogo betona avtoklavogo tverdenija» [9th international scientific-practical conference «Experience of production and application of aerated autoclaved concrete»]. - Minsk, 2016.- P.83-85. [in Russian]

7. Zajavka [Application] №3562738/29-33 «Sposob izgotovlenija prednaprjazhennoj konstrukcii» ["Method of fabrication of prestressed structures"]/K.P. Muromskij, B.P. Filippov, V.V.Makarichev i dr. Polucheno polozhitel'noe reshenie ot 27.09.84 Y. o vydache avtorskogo svidetel'stva [Received a positive decision from 27.09.84, regarding the results of the author's evidence]. [in Russian]

8. GOST 8829-94. Izdelija stroitel'nye zhelezobetonnye i betonnye zavodskogo izgotovlenija. Metody ispytaniy nagruzheniem. Pravila ocenki prochnosti, zhestkosti i treshhinostojkosti [Equipment: concrete and reinforced concrete prefabrication. Test methods the loading. Rules for the evaluation of strength, stiffness and fracture toughness]. М.: Gosstroj Rossii, GUP CPP, 1997 - 29 P. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.013>

Марцуков А.А.¹, Мамедов Р.К.²

¹ORCID: 0000-0003-4943-3109, Аспирант,

²ORCID: 0000-0002-8640-9581, доктор технических наук, доцент, Университет ИТМО

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АТОМНО-ЭМИССИОННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ НА ПЗС-ЛИНЕЙКАХ И ФЭУ

Аннотация

В статье приводятся результаты сравнительных исследований спектроаналитических характеристик и метрологических параметров спектральных измерений металлов и сплавов, выполненных на атомно-эмиссионных многоканальных спектроанализаторах, использующих в качестве приёмников оптического излучения фотоэлектронные умножители (ФЭУ) и позиционно-чувствительные детекторы (ПЗС-линейки). Также в статье делаются выводы о предпочтительности использования спектроаналитических приборов с определённым типом приёмников оптического излучения, называются причины этого выбора.

Ключевые слова: атомно-эмиссионный спектральный анализ, фотоэлектронный умножитель, ФЭУ, методика спектрального анализа, позиционно-чувствительный детектор, ПЗС-линейки.

Martsukov A.A.¹, Mamedov R.K.²

¹ORCID: 0000-0003-4943-3109, Postgraduate student,

²ORCID: 0000-0002-8640-9581, PhD in Engineering, Associate professor, ITMO University

COMPARATIVE ANALYSIS OF METROLOGICAL PARAMETERS AND OPERATING CHARACTERISTICS OF ATOMIC AND EMISSION SPECTROMETERS ON PSD AND PEM LINES

The article presents the results of comparative studies of spectro-analytical characteristics and metrological parameters of metals and alloys spectral measurements performed on atomic and emission multichannel spectro-analysers that use photo-electronic multipliers (PEM) and position-sensitive detectors (PSD) as optical receivers. The author of the article comes to the conclusion that the use of spectro-analytical devices with a certain type of optical radiation receivers is more preferable. Reasons for this choice are provided.

Keywords: atomic and emission spectral analysis, photoelectric multiplier, PEM, spectral analysis technique, position-sensitive detector, PSD.

В практике атомно-эмиссионного спектрального (АЭС) анализа широко используются приборы базирующиеся как на ФЭУ, так и на ПЗС-линейках. Между тем до настоящего времени отсутствовала информация о сравнительных исследованиях метрологических характеристик и аналитических возможностей АЭС-приборов с разными приёмниками излучения. Такая информация, по нашему мнению, позволила бы более оптимально, а,

следовательно, и более эффективно использовать спектроанализаторы применительно к решению конкретных спектроаналитических задач [1,2].

В этой связи нами были выполнен комплекс исследований, позволивший получить необходимую информацию. Первоочередно нами были проведены сравнительные исследования погрешностей результатов измерений атомно-эмиссионными спектральными приборами на основе фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) и позиционно-чувствительных детекторов (ПЗС-линеек) [3].

Для этих исследований был выбран комплект государственных стандартных образцов (ГСО) на низколегированные стали УГ0е–УГ9е (табл. 1), так как этот комплект ГСО используется для первичной калибровки и поверки АЭС-анализаторов на достоверность измерений [4]. Следует отметить, что в сталях основным компонентом сплава является железо и его содержание, в зависимости от марки, может достигать 90% и выше. Остальные же химические элементы – легирующие – добавляются в сплав для придания ему требуемых свойств (жаропрочность, коррозионная стойкость, твёрдость, гибкость, магнитная проницаемость и т. д.). По-этому, при любом анализе химического состава сплава главной задачей является обнаружение именно этих химических элементов. Концентрация основного компонента, как правило, в результатах анализа химического состава не указывается.

Таблица 1 – Паспорт ГСО комплекта УГ0е-УГ9е

ГСО	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	W, %	Mo, %	Ti, %	V, %	Cu, %	Al, %	Nb, %	Sn, %
УГ0е	1,4000	0,2210	0,3290	0,7300	0,5500	-	0,0790	0,0052	0,0046	0,2860	0,1290	-	0,0032
УГ1е	0,5100	1,5300	0,6600	0,0650	0,1880	0,0760	0,0520	0,0150	0,0410	0,0970	0,0130	0,0920	0,0029
УГ2е	0,0031	0,0097	0,0400	0,0870	0,1170	-	0,0090	0,0011	-	0,0800	0,2600	-	-
УГ3е	0,9800	0,6900	0,0330	1,0300	1,1300	0,1320	0,0510	0,3700	0,0970	0,2880	0,0690	0,2130	0,0023
УГ4е	0,5900	1,2500	1,2300	0,4000	0,4700	0,1110	0,0830	0,1310	0,0510	0,1690	0,0320	0,0170	0,0008
УГ5е	0,2900	-	0,3700	2,0900	0,1460	0,0062	0,1540	0,0045	0,0590	0,3230	0,6900	-	0,0030
УГ6е	0,1040	0,3370	0,2270	1,4000	2,0500	0,3900	0,3400	0,1250	0,1930	0,6160	0,4700	-	0,0023
УГ7е	0,1390	-	0,2790	0,1500	2,9800	0,7700	0,4600	-	0,4400	-	-	-	-
УГ8е	0,0590	0,4200	2,0800	0,5200	0,2040	0,3070	0,8800	0,4600	0,6900	0,0760	0,3700	0,0280	0,0007
УГ9е	0,2600	0,1760	0,5100	0,1820	0,1390	1,4600	0,2910	0,0650	1,1100	0,1630	0,0380	-	0,0010

Из полного комплекта ГСО нами был отобран стандартный образец УГ8е, так как в нём присутствуют как близкие к минимальным, так и близкие к максимальным концентрациям химических элементов в выбранном комплекте ГСО. С использованием отобранного образца нами были выполнены исследования сходимости и воспроизводимости измерений, а также среднеквадратическое, абсолютное и относительное отклонения результатов измерений концентраций химических элементов на вакуумном искровом атомно-эмиссионном квантометре ДФС-51 на базе фотоэлектронных умножителей и на аналогичном приборе марки МСА-II на основе позиционно-чувствительных детекторов оптического излучения [3]. Исследования сходимости и воспроизводимости измерений каждого типа приборов проводились в виде двух разнесённых по времени серий. Для оценки сходимости результатов измерений выбранного ГСО, серия измерений проводилась в течение одного дня. Для оценки воспроизводимости результатов измерений выбранного ГСО проводилась вторая серия измерений в течение следующего дня с целью последующего сопоставления этих результатов с результатами первой серии измерений.

Результаты измерений концентраций химических элементов, входящих в состав ГСО УГ8е, а также зафиксированные значения погрешностей, сведены в табл. 2 – 5.

В представленных таблицах в графе «Значение концентрации» приводится среднее значение концентрации по каждому составному химическому элементу из десяти измерений; в графе «СКО, %» - среднеквадратическое отклонение результатов измерений, выполненных на одном из исследуемых АЭС-приборов в первую или вторую серию исследований; в графе «Абс. откл., %» даны абсолютное, а в графе «Отн. откл., %» - относительное отклонение результатов измерений концентрации каждого составного химического элемента от паспортного значения для каждого из указанных химических элементов в пробе [5].

Графа «Отн. откл., %» является показателем сходимости результатов измерений в рамках одной серии ($d_{сх}$). Результаты воспроизводимости измерений соответствующие вторым сериям измерений для каждого типа АЭС-анализатора отображены в графе « $d_{в}$, %» табл. 3 и 5.

Таблица 2 – Концентрации ГСО УГ8е, полученные на АЭС-анализаторах ДФС-51, серия 1

Химический элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	Ti	V	Cu	Al
Значение концентрации, %	0,0564	0,4049	2,0280	0,5466	0,2042	0,2828	0,8298	0,4582	0,8301	0,0829	0,5068
СКО, %	2,0000	1,8200	1,0300	1,3800	2,9400	1,1300	1,2900	1,2100	2,3400	5,7800	2,9300
Абс. откл., %	0,0026	0,0151	0,0520	0,0266	0,0002	0,0242	0,0502	0,0018	0,1401	0,0069	0,1368
Отн. откл., %	1,0461	1,0373	1,0256	0,9513	0,9990	1,0856	1,0605	1,0039	0,8312	0,9168	0,7301

Наибольшее значение среднеквадратического отклонения на спектроанализаторе ДФС-51 в первую серию измерений наблюдалось для меди и составило 5,7800%.

Наибольшее значение абсолютного отклонения на спектроанализаторе ДФС-51 в первую серию измерений наблюдалось для алюминия и составило 0,1368%.

Наибольшее значение относительного отклонения на спектроанализаторе ДФС-51 в первую серию измерений наблюдалось для вольфрама и составило 1,0856%.

Таблица 3 – Концентрации ГСО УГ8е, полученные на АЭС-анализаторах ДФС-51, серия 2

Химический элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	Ti	V	Cu	Al
Значение концентрации, %	0,0495	0,3601	1,8800	0,5105	0,1849	0,2584	0,7687	0,4336	0,7984	0,0785	0,4876
СКО, %	1,4800	1,8700	0,9500	3,5400	0,2400	2,0700	1,7100	0,4400	0,4400	1,8500	1,0800
Абс. откл., %	0,0095	0,0599	0,2000	0,0095	0,0191	0,0486	0,1113	0,0264	0,1084	0,0025	0,1176
Отн. откл., %	1,1919	1,1663	1,1064	1,0186	1,1033	1,1881	1,1448	1,0609	0,8642	0,9682	0,7588
d _в , %	1,3377	1,2953	1,1872	1,0859	1,2076	1,2906	1,2291	1,1179	0,8972	1,0196	0,7875

Наибольшее значение среднеквадратического отклонения на спектроанализаторе ДФС-51 во вторую серию измерений наблюдалось для хрома и составило 3,5400%.

Наибольшее значение абсолютного отклонения на спектроанализаторе ДФС-51 во вторую серию измерений наблюдалось для марганца и составило 0,2000%.

Наибольшее значение относительного отклонения на спектроанализаторе ДФС-51 во вторую серию измерений наблюдалось для углерода и составило 1,1919%.

Таблица 4 – Концентрации ГСО УГ8е, полученные на АЭС-анализаторах МСА-II, серия 1

Химический элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	Ti	V	Cu	Al	Nb	Sn
Значение концентрации, %	0,0509	0,3672	1,8997	0,5207	0,1871	0,2623	0,784	0,4394	0,7973	0,0831	0,49	0,0276	0,0006
СКО, %	2,4300	1,8700	2,0800	0,4200	2,7100	1,0300	1,2800	0,6400	1,0300	1,7600	0,6300	1,0112	0,9986
Абс. откл., %	0,0081	0,0528	0,1803	0,0007	0,0169	0,0447	0,096	0,0206	0,1073	0,0071	0,12	0,0004	0,0001
Отн. откл., %	1,1591	1,1439	1,0949	0,9987	1,0905	1,1703	1,1224	1,0469	0,8654	0,9149	0,7551	1,0145	1,0938

Наибольшее значение среднеквадратического отклонения на спектроанализаторе МСА-II в первую серию измерений наблюдалось для никеля и составило 2,7100%.

Наибольшее значение абсолютного отклонения на спектроанализаторе МСА-II в первую серию измерений наблюдалось для марганца и составило 0,1803.

Наибольшее значение относительного отклонения на спектроанализаторе МСА-II в первую серию измерений наблюдалось для вольфрама и составило 1,1703%.

Таблица 5 – Концентрации ГСО УГ8е, полученные на АЭС-анализаторах МСА-II, серия 2

Химический элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mo	Ti	V	Cu	Al	Nb	Sn
Значение концентрации, %	0,0517	0,368	1,901	0,5212	0,1881	0,2633	0,7845	0,4374	0,7963	0,0811	0,489	0,0282	0,0007
СКО, %	2,4300	1,8700	2,0800	0,4200	2,7100	1,0300	1,2800	0,6400	1,0300	1,7600	0,6300	1,014	0,9943
Абс. откл., %	0,0073	0,0520	0,1790	0,0012	0,0159	0,0437	0,0955	0,0226	0,1063	0,0051	0,119	0,0002	0,0000
Отн. откл., %	1,1412	1,1413	1,0942	0,9977	1,0845	1,1660	1,1217	1,0517	0,8665	0,9371	0,7566	0,9929	1,0043
d _в , %	1,1770	1,1465	1,0956	0,9997	1,0965	1,1746	1,1231	1,0565	0,8676	0,9593	0,7581	1,0361	1,1833

Наибольшее значение среднеквадратического отклонения на спектроанализаторе МСА-II во вторую серию измерений наблюдалось для никеля и составило 2,7100%.

Наибольшее значение абсолютного отклонения на спектроанализаторе МСА-II во вторую серию измерений наблюдалось для марганца и составило 0,1790%.

Наибольшее значение относительного отклонения на спектроанализаторе МСА-II во вторую серию измерений наблюдалось для вольфрама и составило 1,1660%.

Для оценки сходимости и воспроизводимости результатов измерений, в табл. 6 в графах «Допустимые значения d_{сх}, %» и «Допустимые значения d_в, %» приводятся допустимые по ГОСТ 18895-97 значения сходимости и воспроизводимости для тех концентраций и химических элементов, для которых значения среднеквадратического, абсолютного и относительного отклонений оказались наибольшими. Для удобства сопоставления табл. 2 – 5 и табл. 6, интересные нас значения выделены жирным шрифтом [5].

Таблица 6 – Погрешности, допустимые по ГОСТ 18895-97

Химический элемент	Диапазон концентраций, %									
C	-	0,0100-0,02000	0,0200-0,0500	0,0500-0,1000	0,1000-0,2000	0,2000-0,5000	0,5000-1,0000	1,0000-2,0000	-	-
Mn	-	-	-	0,0500-0,1000	0,1000-0,2000	0,2000-0,5000	0,5000-1,0000	1,0000-2,0000	2,0000-5,0000	-
Cr	-	0,0100-0,02000	0,0200-0,0500	0,0500-0,1000	0,1000-0,2000	0,2000-0,5000	0,5000-1,0000	1,0000-2,0000	2,0000-5,0000	5,0000-10,0000
Ni	-	0,0100-0,02000	0,0200-0,0500	0,0500-0,1000	0,1000-0,2000	0,2000-0,5000	0,5000-1,0000	1,0000-2,0000	2,0000-5,0000	5,0000-10,0000
W	-	-	0,0200-0,0500	0,0500-0,1000	0,1000-0,2000	0,2000-0,5000	0,5000-1,0000	1,0000-2,0000	2,0000-5,0000	-
Cu	-	0,0100-0,02000	0,0200-0,0500	0,0500-0,1000	0,1000-0,2000	0,2000-0,5000	0,5000-1,0000	1,0000-2,0000	-	-

Окончание табл. 6 – Погрешности, допустимые по ГОСТ 18895-97

Химический элемент	Диапазон концентраций, %									
Al	0,0050-0,0100	0,01000-0,02000	0,0200-0,0500	0,0500-0,1000	0,1000-0,2000	0,2000-0,5000	0,5000-1,0000	1,0000-2,0000	-	-
Допустимые значения d_{cx} , % (C)	-	0,3000	0,7000	1,0000	1,3000	2,0000	3,0000	5,0000	-	-
Допустимые значения d_b , % (C)	-	0,5000	1,0000	1,5000	2,0000	3,0000	5,0000	7,0000	-	-
Допустимые значения d_{cx} , % (Mn)	-	-	-	0,7000	1,3000	2,0000	3,0000	7,0000	10,0000	-
Допустимые значения d_b , % (Mn)	-	-	-	1,0000	2,0000	3,0000	5,0000	10,0000	15,0000	-
Допустимые значения d_{cx} , % (Cr)	-	0,3000	0,4000	0,7000	1,3000	2,0000	3,0000	7,0000	10,0000	13,0000
Допустимые значения d_b , % (Cr)	-	0,4000	0,6000	1,0000	2,0000	3,0000	5,0000	10,0000	15,0000	20,0000
Допустимые значения d_{cx} , % (Ni)	-	0,3000	0,7000	1,0000	1,3000	3,0000	5,0000	7,0000	10,0000	13,0000
Допустимые значения d_b , % (Ni)	-	0,5000	1,0000	1,5000	2,0000	4,0000	7,0000	10,0000	15,0000	20,0000
Допустимые значения d_{cx} , % (W)	-	-	0,7000	1,0000	1,7000	3,0000	5,0000	10,0000	13,0000	-
Допустимые значения d_b , % (W)	-	-	1,0000	1,5000	2,5000	4,0000	8,0000	15,0000	20,0000	-
Допустимые значения d_{cx} , % (Cu)	-	0,3000	0,7000	1,0000	1,7000	3,0000	5,0000	7,0000	-	-
Допустимые значения d_b , % (Cu)	-	0,5000	1,0000	1,5000	2,5000	4,0000	7,0000	10,0000	-	-
Допустимые значения d_{cx} , % (Al)	0,3000	0,5000	1,0000	1,7000	3,0000	4,0000	7,0000	10,0000	-	-
Допустимые значения d_b , % (Al)	0,4000	0,7000	1,5000	2,5000	4,0000	6,0000	10,0000	15,0000	-	-

Из анализа табл. 2 – 6 следует, что среднеквадратические отклонения измеренных концентраций каждого химического элемента, входящих в состав анализируемого образца, их абсолютные и относительные погрешности и результаты оценки сходимости и воспроизводимости измерений зарегистрированные обоими тестируемыми типами приборов полностью отвечают метрологическим требованиям ГОСТ 18895-97 к приборам такого класса [3,5].

На следующем этапе наших исследования был проведён сравнительный анализ спектроаналитических возможностей АЭС-анализаторов с различными типами приёмников оптического излучения.

Сопоставительный анализ результатов качественного анализа проб, представленных в табл. 1, в сравнении с данными таблиц 2 – 5, указал на отсутствие информации по ниобию (Nb) и олову (Sn) полученных при использовании анализатора ДФС-51 на базе фотоэлектронного умножителя. Это объясняется ограниченным количеством аналитических каналов у данного типа квантометров, что не позволило откалибровать этот прибор на определение ниобия (Nb) и олова (Sn), а, следовательно, и получить информацию по наличию и отсутствию этих элементов в пробе. Следует отметить, что спектральная линия основного компонента любого сплава является линией сравнения для аналитических линий всех детектируемых химических элементов, входящих в его состав. Поэтому, если требуется откалибровать АЭС-анализатор на несколько сплавов с разным основным компонентом, в квантометрах на основе ФЭУ, для каждого сплава резервируется по одному дополнительному фотоэлектронному умножителю для закрепления за ним своей линии сравнения. Следовательно, количество анализируемых химических элементов в таких случаях уменьшается обратно пропорционально количеству анализируемых типов сплавов.

В то же время квантометры типа МСА-II на основе ПЗС-линеек в качестве приёмников излучения не имеют ограничений по количеству аналитических спектральных каналов и, как следствие, обеспечивают возможность калибровки и последующему получению качественной и количественной информации по всем составным компонентам пробы и, в том числе, по ниобию (Nb) и олову (Sn),

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что анализаторы, базирующиеся на фотокатодных вакуумных трубках, не позволяют в полной мере оценить химический состав анализируемого образца и не оставляют возможностей обнаружения не предусмотренных начальной калибровкой примесных химических элементов, которые могут находиться в материале в количествах, не допустимых как по отраслевым, так и по государственным нормам и стандартам [3,4,5]. При этом использование спектроанализаторов на ПЗС-линейках исключает необходимость подбора при начальной калибровке каждой спектральной линии в отдельности и дает возможность производить калибровку сразу по всему аналитическому диапазону, выбирая при этом любое количество анализируемых элементов.

Анализируя совокупность установленных фактов, можно сделать следующие выводы:

1 – спектроанализаторы основанные как на ФЭУ, так и на ПЗС-линейках по своим метрологическим характеристикам удовлетворяют требованиям ГОСТ Р 8.563-2009 и ГОСТ 18895-97 [3,5].

2 – приборы, базирующиеся на ФЭУ, имеют ограничения по количеству одновременно анализируемых элементов в пробе, что не позволяет получить информацию о концентрации всех составных химических элементов, указанных в паспорте анализируемого комплекта ГСО, а так же обнаружить неучтённые при начальной калибровке примесные элементы в пробе. При этом использование анализаторов на основе ПЗС-линеек позволяет снять вышеперечисленные ограничения, что является весомым свидетельством их более широких спектроаналитических возможностей.

При этом следует отметить, что каждый из рассмотренных типов приборов может быть эффективно использован в аналитической практике применительно к решению конкретных задач.

Совокупность полученных результатов исследований с учетом постоянно совершенствующейся технологии производства ПЗС-линеек, позволяет признать более перспективными атомно-эмиссионные спектроанализаторы на основе современных приёмников излучения.

Список литературы / References

1. Марцуков А.А., Мамедов Р.К. Разработка и аттестация «Единой методики» спектрального анализа сталей различных марок // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2.; URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22733> (дата обращения: 30.05.2016).
2. Марцуков А.А., Мамедов Р.К. Средства повышения эффективности атомно – эмиссионного анализа металлов и сплавов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – №7 (49). – Часть 4. Екатеринбург, 2016 – С. 34-36. – 193 с.
3. ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений // Москва: Стандартинформ, 2011 – 15 с.
4. ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки // Москва: Стандартинформ, 2007. – 7 с.
5. ГОСТ 18895-97 Сталь. Метод фотоэлектрического спектрального анализа // Минск: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 12 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Martsukov A.A., Mamedov R.K. Razrabotka i attestatsiya «Edinoy metodiki» spektralnogo analiza staley razlichnykh marok [Development and Examination of the “Unified Methodology” in Spectral Analysis of Steels of Various Makes] // Sovremennyye problemy i nauki i obrazovaniya [Modern Problems of Science and Education] - 2015. - No. 2-2.; URL: <http://www.science-education.ru/en/article/view?id=22733> (accessed date: 05/30/2016). [In Russian]
2. Martsukov A.A., Mamedov R.K. Sredstva povysheniya effektivnosti atmno-emissionnogo analiza metallov i splovov [Means of increasing efficiency of atomic and emission analysis of metals and alloys] // Mezhdunarodniy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Scientific and Research Journal] - 2016. - No. 7 (49). - Part 4. Ekaterinburg, 2016 - P. 34-36. - 193 p. [In Russian]
3. GOST P 8.563-2009 Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy. Metodiki (metody) izmereniy [State System for Ensuring the Uniformity of Measurements. Methodologies (methods) of measurements] // Moscow: Standartinform, 2011 – 15 p. [In Russian]

4. GOST 380-2005 Stal' ugljerodistaya obyknovennogo kachestva. Marki [Carbon Steel of Ordinary Quality. Stamps] // Moscow: Standartinform, 2007. - 7 p. [In Russian]

5. GOST 18895-97 Stal'. Metod fotoelektricheskogo spektralnogo analiza [Steel. Method of Photoelectric Spectral Analysis] // Minsk: IPK Publishing House of Standards, 1998. - 12 p. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.119>

Музылева И.В.¹, Музылев К.А.², Пикалов В.В.³, Белокопытов Р.Н.⁴

¹ORCID: 0000-0001-5958-5144, Кандидат технических наук, доцент,

²ORCID 0000-0003-2014-6114, Магистрант,

Инженер 3 категории, ООО «Промэлектроника»,

³ORCID 0000-0003-2414-9689, Лаборант,

⁴ORCID 0000-0001-8203-1318, Аспирант,

Липецкий государственный технический университет

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЗОВОГО ЛОГИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА ТТЛ СО СЛОЖНЫМ ИНВЕРТОРОМ

Аннотация

Статья посвящена физической модели базового логического элемента И-НЕ, реализованного по технологии транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Подробно рассмотрена функциональная схема варианта со сложным инвертором, приведены результаты её моделирования в программной среде Multisim. Проанализирована работа модели в различных режимах. Представлена принципиальная схема стенда с подключением электроизмерительных приборов. Раскрыта возможность его эффективного использования при изучении основ электроники и автоматики.

Ключевые слова: ТТЛ, лабораторный стенд по автоматике, лабораторный стенд по электронике, транзисторно-транзисторная логика.

Muzyleva I.V.¹, Muzylev K.A.², Pikalov V.V.³, Belokopytov R.N.⁴

¹ORCID: 0000-0001-5958-5144, PhD in Engineering, Associate Professor,

²ORCID 0000-0003-2014-6114, Undergraduate, Engineer of the third category, Ltd "Promelectronica",

³ORCID 0000-0003-2414-9689, Laboratory assistant,

⁴ORCID 0000-0001-8203-1318, Postgraduate student,

Lipetsk State Technical University

PHYSICAL MODELING OF THE BASIC LOGICAL ELEMENT OF TTL WITH A COMPLEX INVERTER

Abstract

The article is devoted to the topic of physical model of the basic logical element of NAND, implemented with the help of transistor-transistor logic (TTL) technology. Functional scheme of the variant with a complex inverter is considered in detail, the results of its simulation in the Multisim software environment are presented. The work of the model in various modes is analyzed. Basic scheme of the stand with the connection of electrical measuring instruments is presented. The possibility of its effective use in studying the fundamentals of automation and electronics is discussed.

Keywords: TTL, laboratory stand on automation, laboratory stand on electronics, transistor-transistor logic.

На начальном этапе изучения дисциплины «Элементы систем автоматики» [1] сложным для понимания является переход от аналоговой элементной базы к дискретному представлению логических функций. Особое затруднение всегда вызывает раздел, посвященный реализации логических элементов на биполярных транзисторах [2]. Для преодоления этого затруднения разработан лабораторный стенд «Базовые схемы ТТЛ», предназначенный для наглядного изучения внутренней структуры логических микросхем и отработки навыков отладки транзисторных электрических схем. Он позволяет осуществить настройки схемы и оценить соотношение рабочих параметров её элементов.

В основе работы стенда лежит физическое моделирование базового элемента, реализующего логическую функцию И-НЕ по одной из основных технологий изготовления интегральных схем среднего и высокого быстродействия - транзисторно-транзисторной логике (ТТЛ). Рассматривается наиболее популярный вариант с включением транзистора в буферной схеме в качестве нагрузки.

Функциональная реализация предлагаемой физической модели отличается от своего интегрального прототипа [3, С. 91] наличием потенциометров и цепи визуализации выхода (рис. 1), позволяющим проводить исследование параметров.

Конъюнкция сигналов А и В, поступающих на входы, реализуется на много-эмиттерном транзисторе VT1 (рис. 1). При подаче хотя бы одного логического нуля на его эмиттеры (для определённости – на вход А) образуется следующий путь протекания тока: +5 В, потенциометр R1, переход между базой и верхним эмиттером, общая точка. При этом транзистор VT2 закрыт: потенциал на его коллекторе будет практически равен потенциалу источника питания, а потенциал на эмиттере - потенциалу земли. Таким образом, база транзистора VT3 оказывается подключенной к + 5 В, и он открывается. В это же время на базе VT4 - потенциал земли, поэтому он остаётся закрытым. Следовательно, выходная цепь (R3, VT3, VD1, VT4) разомкнута, ток по ней не протекает, падения напряжения нет, следовательно, в точке Y будет потенциал источника питания, Y=1. При этом замыкается цепь визуализации через диод VD2: + 5 В, R3, VT3, VD1, R5, VD2, земля. Диод VD1 предназначен для создания разности потенциалов между эмиттером VT3 и коллектором VT4.

Таким образом, выполняется правило И-НЕ [4, с. 10]: при подаче хотя бы одного логического нуля на выходе схемы получаем $Y=1$, о чём свидетельствует включенный светодиод VD2.

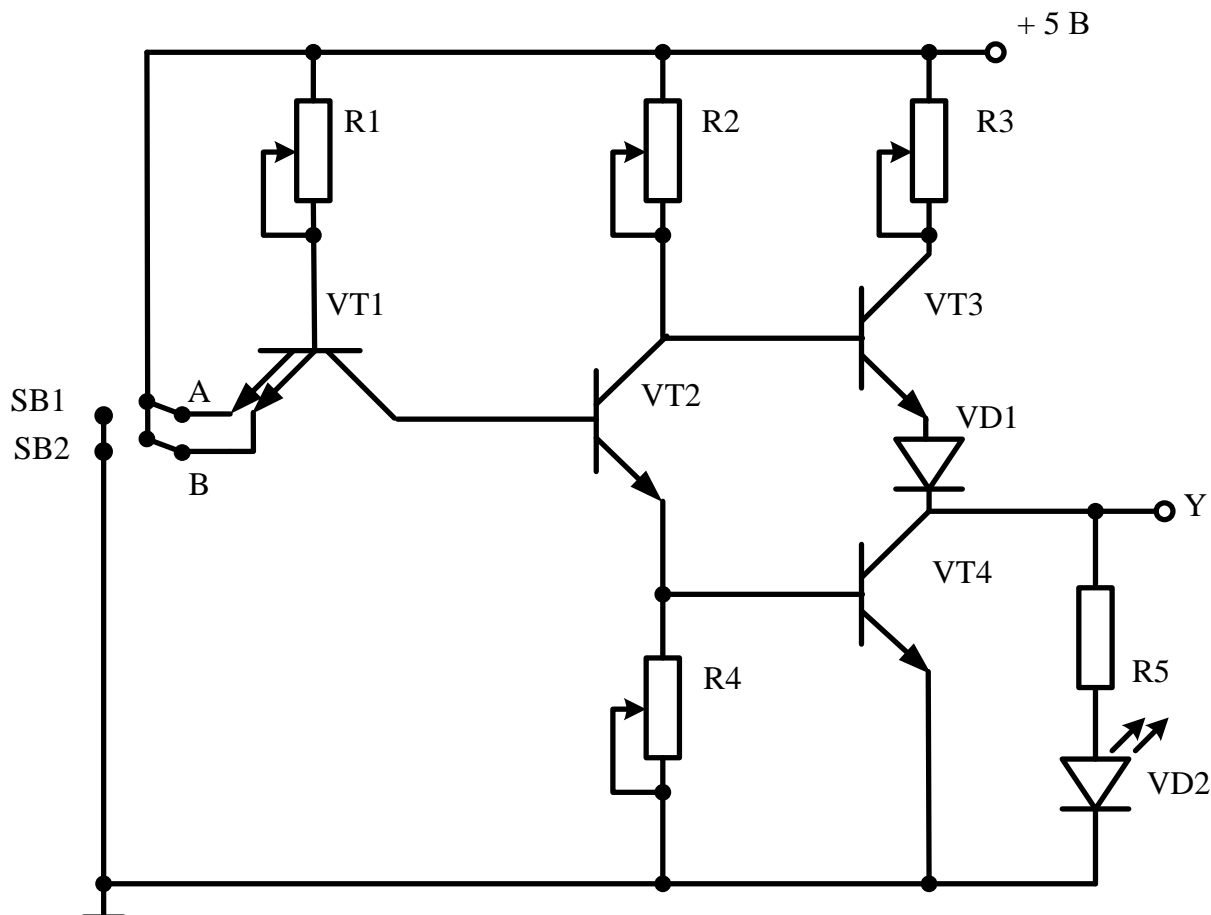


Рис. 1 – Функциональная схема элемента ТТЛ со сложным инвертором

В состоянии $A=B=1$ ток протекает по пути: +5 В, потенциометр R2, транзистор VT2, потенциометр R4, земля.

Состояние транзисторов VT3 и VT4 будет определяться величиной сопротивлений потенциометров R2 и R4. Для корректной работы логического элемента они подбираются такими, чтобы оба транзистора были открыты: падение напряжения на потенциометре R2 поддерживает открытое состояние VT3, а падение напряжения на потенциометре R4 поддерживает открытое состояние VT4. В этом случае путь тока: +5 В, потенциометр R3, транзистор VT3, диод VD1, транзистор VT4, земля. Следовательно, на выходе Y будет потенциал, соответствующий падению напряжения на открытом транзисторе VT3, примерно равный 0,4 В. Таким образом, $Y=0$.

Поскольку цепь визуализации (резистор R5 и светодиод VD2) имеет большее сопротивление, чем открытый транзистор VT4, ток по ней не протекает, светодиод не горит, что соответствует визуализации логического нуля на выходе логического элемента.

Физическая модель рассмотренной схемы реализована на транзисторах 2n5551. Предварительная проверка её работоспособности осуществлена в программе Multisim (рис. 2 и 3) с подбором постоянных резисторов в первом приближении.

Много-эмиттерный транзистор реализован за счёт параллельного подключения транзисторов Q1 и Q2 (соединены их базы и коллекторы).

При заземлении эмиттера хотя бы одного из этих транзисторов, т.е. при подаче логического нуля хотя бы на один вход с помощью переключателей S1 и S2, соответствующие транзисторы начинают работать в режиме насыщения (рис. 2). При этом транзистор Q3 закрывается. Потенциал, приходящий на базу транзистора Q4, мал и ток через резистор R5 не протекает, поэтому ток базы транзистора Q4 близок к нулю. Его величина недостаточна для открытия транзистора Q4. Резистор R7 выбран таким образом, чтобы транзистор Q5 работал в режиме эмиттерного повторителя. Через транзистор Q5 и диод D1 протекает ток нагрузки логического элемента. Для визуального отображения уровня выходного сигнала используется светодиод LED1. Резистор R6 является токоограничивающим, он предназначен для обеспечения допустимого значения тока через светодиод.

Если на эмиттеры обоих транзисторов Q1 и Q2 подаётся уровень питания, т.е. логическая единица (рис. 3), то закрыты все их эмиттерные переходы. Следовательно, ток, протекая через резистор R1, проходит через открытый коллекторный переход в базу транзистора Q3, открывая его. Ток протекает через резистор R4 и открытый транзистор Q3. Усиленный ток с эмиттера транзистора Q3 протекает в базу выходного инвертирующего транзистора Q4, открывая его до состояния насыщения, тем самым замыкая выход на землю.

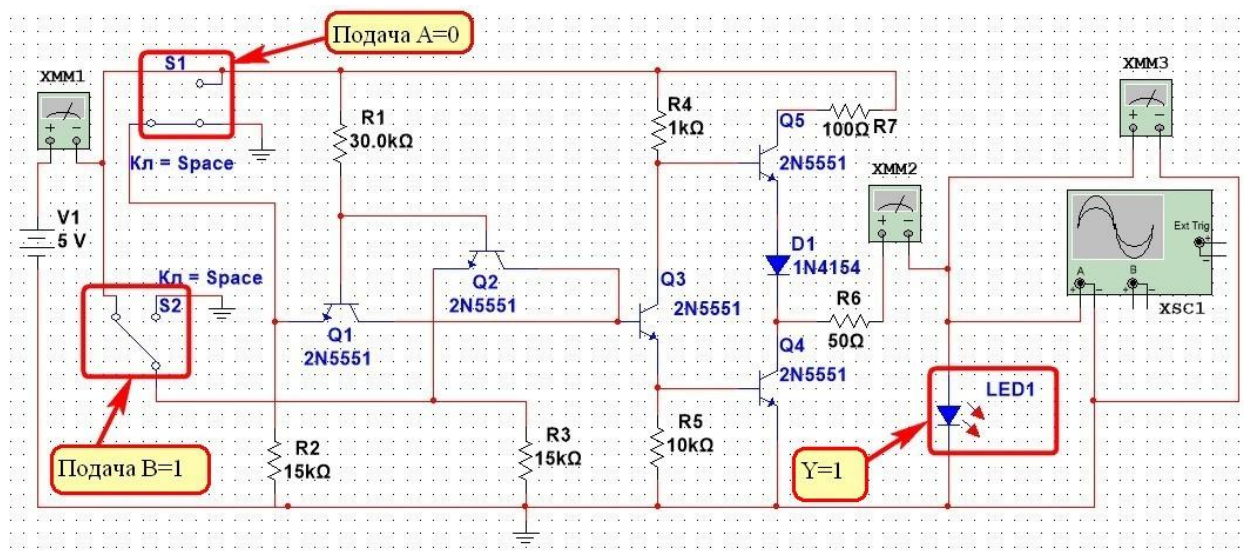


Рис. 2 – Моделирование в Multisim режима A=0, B=1

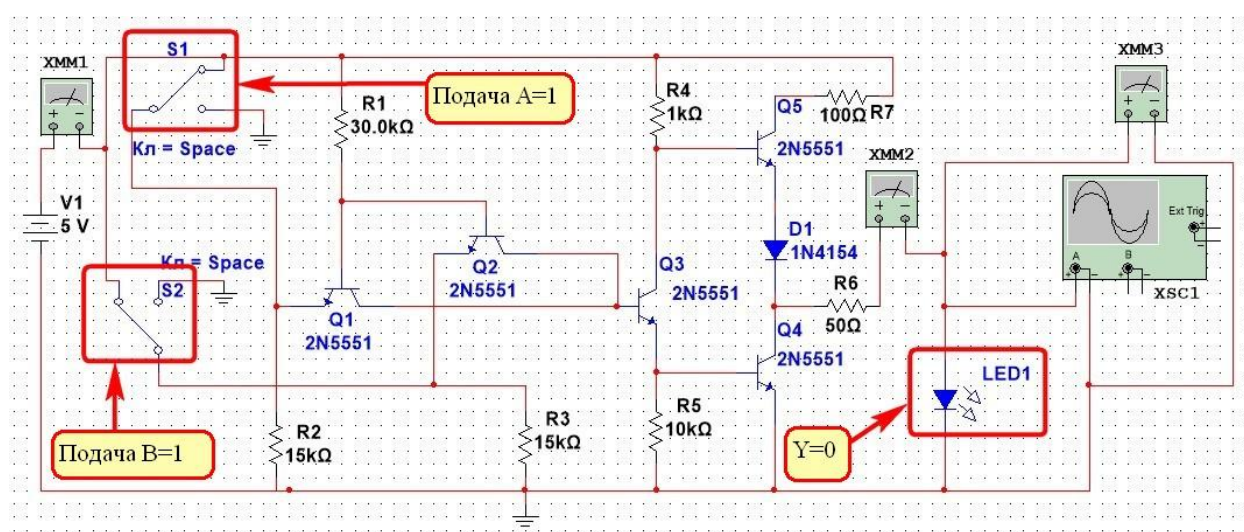


Рис. 3 – Моделирование в Multisim режима A=1, B=1

Технические параметры модели, представленной на рис. 2 и 3:

- ✓ напряжение питания 5 В DC;
- ✓ потребление тока:
 - 16,5 мА при наличии логической единицы на выходе;
 - 157,7 мА при наличии логического нуля на выходе.

Основой стенда является печатная плата, изготовленная по методике, представленной в [5, с. 3-11]. Её принципиальная схема показана на рис. 4. На ней показано подключение не входящих в состав стенда электроизмерительных приборов: амперметров А1 и А2 и вольтметра V1.

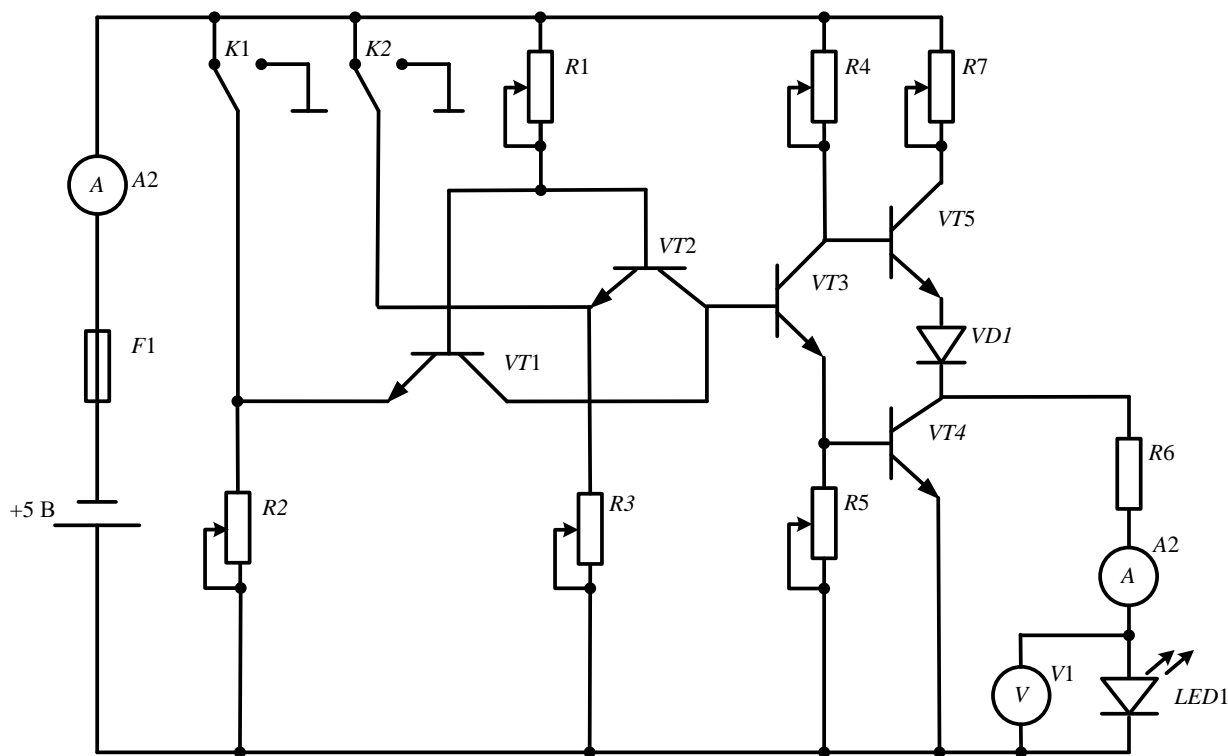


Рис. 4 – Принципиальная схема стенда

При выполнении лабораторной работы кроме нормальных режимов работы логического элемента можно моделировать и режим разрушения логической единицы, что способствует чёткому пониманию соответствия диапазонов аналоговых величин и уровней цифровых сигналов.

Стенд успешно применяется в лабораторном практикуме дисциплины «Элементы систем автоматики» по образовательным программам направлений «Электроэнергетика и электротехника» и «Мехатроника и робототехника».

Список литературы / References

1. И.В. Музылева. Элементы систем автоматики [Электронный ресурс] / И.В. Музылева // Изучаем цифровую технику. Преподавательский сайт Инны Васильевны Музылевой. – URL: <http://cifra.studentmiv.ru/elementyi-sistem-avtomatiki> (дата обращения: 30.03.17).
2. Музылева И.В. Основы цифровой техники [Электронный ресурс] / И.В. Музылева // Учебный курс в Национальном открытом университете ИНТУИТ. – URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/4734/541/lecture/12194> (дата обращения: 30.03.17).
3. Алексеенко А.Г. Основы микросхемотехники / А.Г. Алексеенко. – 3-е изд. – М.: ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, 2002. – 448 с.
4. Музылева И.В. Элементная база для построения цифровых систем управления / И.В. Музылева. – М: Техносфера, 2006. – 144 с.
5. Музылева И. В. Проектирование печатных плат: метод. указ. к практическим занятиям по дисциплине «Схемотехника дискретных устройств»/ И.В. Музылева, В.В. Пикалов. - Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2015. – 12 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Muzyleva I.V. Elementy sistem avtomatiki [Elements of automation systems] [Electronic resource] / I.V. Muzyleva // Izuchayem tsifrovuyu tekhniku. Prepodavatel'skiy sayt Inny Vasil'yevny Muzylevoy [We study digital equipment. Teaching site of Inna Vasilyevna Muzyleva]. - URL: <http://cifra.studentmiv.ru/elementyi-sistem-avtomatiki> (accessed: 30.03.2017). [in Russian]
2. Muzyleva I.V. Osnovy tsifrovoy tekhniki [Fundamentals of digital technology] [Electronic resource] / I.V. Muzyleva // Uchebnyy kurs v Natsional'nom otkrytom universitete INTUIT. - URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/4734/541/lecture/12194> (accessed: 30.03.2017). [in Russian]
3. Alekseyenko A.G. Osnovy mikroskhemotekhniki [Fundamentals of microcircuitry] / A.G. Alekseyenko. – 3rd edition. - M.: YUNIMEDIASAYL, 2002. - 448 p. [in Russian]
4. Muzyleva I.V. Elementnaya baza dlya postroyeniya tsifrovyykh si-stem upravleniya [Element base for building digital control systems] / I.V. Muzyleva. - M: Tekhnosfera, 2006. - 144 p. [in Russian]
5. Muzyleva I. V. Proyektirovaniye pechatnykh plat: metod. ukaz. k prakticheskim zanyatiyam po distsipline «Skhemotekhnika diskretnykh ustroystv» [Design of printed circuit boards: method. decree to practical lessons on discipline "Circuitry of Discrete Devices"] / I.V. Muzyleva, V.V. Pikalov. - Lipetsk: Izd-vo Lipetskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2015. - 12 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.101>Мухортова Л.И.¹, Константинова Т.Г.²,¹ Кандидат технических наук, доцент, Чувашский государственный университет,² Кандидат химических наук, Чувашский государственный университет**УТИЛИЗАЦИЯ АБГАЗНОЙ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРМЕТАНОВ**

Аннотация

Представлена технология утилизации абгазной соляной кислоты, образующейся в производстве хлорметанов, с получением раствора хлорида кальция с массовой долей 32%. Технология включает обработку известкового камня соляной кислотой с массовой долей 27,5%, нейтрализацию известковым молоком и фильтрование полученного раствора от взвешенных веществ. Установлено, что оптимальная степень конверсии карбоната кальция достигается при мольном коэффициенте избытка хлористого водорода по отношению к карбонату кальция равном 2,2-2,3.

Ключевые слова: утилизация, соляная кислота, карбонат кальция, хлорид кальция.

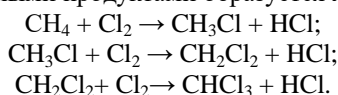
Muchortova L.I.¹, Konstantinova T.G.²¹ PhD in Engineering, Associate professor, Chuvash State University,² PhD in Chemistry, Chuvash State University**DISPOSAL OF WASTE HYDROCHLORIC ACID IN CHLORMETHANE PRODUCTION**

Abstract

The paper presents the technology for disposal of waste hydrochloric acid, which is formed in chloromethane production, with the production of a calcium chloride solution with a mass fraction of 32%. The technology includes processing of carbonaceous stone with hydrochloric acid with a mass fraction of 27.5%, neutralization with lime milk and filtration of the resulting solution from suspended solids. It was found that the optimum degree of conversion of calcium carbonate is achieved at a mole ratio of hydrogen chloride with respect to calcium carbonate equal to 2.2-2.3.

Keywords: utilization, hydrochloric acid, calcium carbonate, calcium chloride.

Производство хлорметанов (метилхлорида и хлороформа) представляет собой процесс термического хлорирования природного газа (метана) с последующим разделением хлорированных углеводородов [1]. В процессе хлорирования метана наряду с основными продуктами образуется хлористый водород:



Хлористый водород улавливают из реакционного газа на стадии абсорбции с образованием абгазной соляной кислоты. Физическая сущность процесса абсорбции заключается в молекулярной и конвективной диффузии вещества из газовой фазы в жидкую, вследствие разности парциальных давлений извлекаемого компонента (хлористого водорода) в контактирующих фазах. Процесс осуществляется в изотермических условиях в колоннах насадочного типа, заполненных кольцами Рашига. Для орошения колонны используют слабую соляную кислоту. Полученную соляную кислоту с массовой долей хлористого водорода 29% очищают от хлорорганических примесей методом отдува метаном при температуре не более 100 °С.

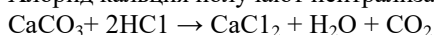
Очищенную абгазную соляную кислоту используют на предприятии. Как товарный продукт соляная кислота из абгазов хлорорганических производств отправляется потребителю. Область применения соляной кислоты чрезвычайно широкая [2,3,4]. В химической промышленности ее используют для получения хлоридов цинка, марганца, железа и других металлов, а также хлористого аммония; в производстве синтетических смол, каучуков; как сырьё в производстве хлористого метила из метилового спирта, хлористого этила из этилена, хлорвинила из ацетилена. В горнодобывающей промышленности соляную кислоту применяют при извлечении металлов из руд. Соляная кислота незаменима при очистке поверхностей металлов, сосудов, скважин от карбонатов, окислов и других загрязнений, но она вызывает коррозию стальной аппаратуры. К тому же летучие пары её довольно вредны и также вызывают коррозию металлических изделий. Поэтому используют специальные добавки — ингибиторы, которые защищают металл от растворения и коррозии, но не задерживают растворение окислов, карбонатов и других подобных соединений.

Согласно балансу производства и потребления соляной кислоты из общего количества образующейся абгазной соляной кислоты около 15% используется в производстве, 45% реализуется потребителям, а 30% не имеет сбыта. Эта нереализованная кислота подвергается нейтрализации, что приводит к дополнительным материальным расходам в производстве основной продукции.

Анализ рынка химической продукции показывает, что перспективным направлением утилизации излишков абгазной соляной кислоты является получение хлорида кальция, который широко применяется в различных отраслях промышленности и имеет устойчивый спрос на рынке. Основное направление применения хлорида кальция — производство антигололедных средств альтернативных хлориду натрия. Кроме того, увеличивается потребление этого продукта в нефте- и газодобывающей промышленности, строительной индустрии и в производстве продуктов питания.

Целью данной работы является разработка непрерывная технология получения раствора хлористого кальция для утилизации излишков абгазной соляной кислоты и определение оптимальных параметров процесса.

Хлорид кальция получают нейтрализацией соляной кислоты карбонатом кальция по реакции [4]:



В качестве карбонатного сырья использовали известняк, отходы производства известкового молока (известковый шлам) или отходы производства силикатного кирпича (мелкая фракция известкового камня) при массовой доле карбоната кальция не менее 92%.

Для проведения процесса был выбран стальной футированный реактор смешения непрерывного действия. Предварительно измельченный известняк непрерывно загружали из бункера, расположенного на крышке реактора. Соляную кислоту подавали из емкости по кольцевому распределителю в нижнюю часть реактора. Такой способ загрузки реагентов обеспечивал хорошее перемешивание реакционной массы и позволил минимизировать затраты на электрическую энергию. Образующийся в ходе реакции кислый раствор хлористого кальция самотеком удалялся из реактора через боковой переливной карман реактора. На линии питания для регулирования расхода известняка был установлен шибер. Для контроля расхода соляной кислоты использовали ротаметр. Регулирование расхода соляной кислоты осуществляли с помощью регулирующего крана.

Известно, что растворение известняка в соляной кислоте проходит быстро и увеличивается при повышении температуры [5], но одновременно растет коррозионная активность соляной кислоты. Для снижения коррозии оборудования процесс проводили без дополнительного нагрева при комнатной температуре (22±5) °С.

Проведенные исследования показали, что для достижения максимальной производительности установки и минимального времени растворения твердой фазы размеры частиц известняка должны находиться в интервале от 40мм до 120мм. При увеличении размеров частиц свыше 120мм не происходит полного растворения известняка и увеличивается количество твердого осадка в реакторе. А при использовании фракции с размером менее 40мм наблюдался унос твердой фазы с продуктом реакции. Поэтому при необходимости, перед загрузкой в реактор известняк измельчали на роторной дробилке.

При заданных размерах частиц твердой фазы продолжительность процесса растворения твердой фазы в соляной кислоте в проточном реакторе смешения определяется двумя факторами: объемом реакционной массы и расходом соляной кислоты. Установлено, что оптимальное время контакта, составляет 3 часа. Дальнейшее увеличение времени контакта незначительно увеличивает выход продукта, но при этом снижается производительность установки по целевому продукту.

Экспериментально установлено, что оптимальная степень конверсии карбоната кальция (99%) достигается при избытке абгазной соляной кислоты. Молярный коэффициент избытка соляной кислоты относительно карбоната кальция должен находиться в интервале от 2,2 до 2,3.

Проведен технологический расчет реактора смешения. Рекомендован реактор диаметром 1,6м и высотой 6м. Расчетный расход соляной кислоты составляет 3,6м³/ч.

Кислый раствор хлорида кальция направляли в нейтрализатор, который представляет собой стальной гуммированный аппарат, вместимостью 20 м³, снабженный мешалкой и средствами измерения pH-среды и уровня.

Нейтрализацию проводили известковым молоком с массовой долей гидроокиси кальция 8-10 %. Использование известкового молока на стадии нейтрализации увеличивает выход хлорида кальция по хлористому водороду до 100%. Содержание хлорида кальция в нейтрализованном растворе составляет не менее 31% (масс.). Нейтрализованный раствор хлористого кальция фильтровали на барабанном вакуум-фильтре для отделения взвешенных частиц. Отходящие газы, содержащие диоксид углерода, хлористый водород и пары воды направляли на санитарную очистку.

Таким образом, разработана ресурсосберегающая непрерывная технология утилизации абгазной соляной кислоты с получением раствора технического хлорида кальция, который может использоваться как антигололедное средство, а также в нефте- и газодобывающей промышленности.

Список литературы / References

1. Муганлинский Ф.Ф. Химия и технология галогенорганических соединений/ Ф.Ф. Муганлинский, Ю.А. Трегер, М.М. Люшин. – М.: Химия, 1991. – 272 с. – ISBN 5-7245-0540-1
2. Сыркина И.Г. Утилизация абгазной соляной кислоты/ И.Г. Сыркина. – М.: НИИТЭхим, 1984. – 46 с.
3. Ускач Я.Л. Утилизация и переработка соляной кислоты – основного отхода хлорорганических производств/ Я.Л. Ускач, Л.И. Кутянин, С.Б. Зотов и др. // Энциклопедия инженера-химика. – 2009. – № 7. – С. 39–44. – ISSN 1994-6252
4. Фурман А.А. Неорганические хлориды (химия и технология)/ А.А. Фурман. – М.: Химия, 1980. – 416 с.
5. Абдулин Ф.С. Повышение производительности скважин/ Ф.С. Абдулин. – М.: Недра, 1975. – 264 с.

Список литературы на английском языке / References inEnglish

1. Muganlynsky F.F. Khimiya i tekhnologiya galogenorganicheskikh soyedineniy [Chemistry and technology of halogen and organic compounds] / F.F. Muganlynsky, J.A. Treger, M.M. Lushin. – M.: Chemistry, 1991. – 272 p. – ISBN 5-7245-0540-1 [in Russian]
2. Syrkina I.G. Utilizatsiya abgaznoy solyanoy kisloty [The utilization of waste hydrochloric acid]/ I.G. Syrkina. – M.: NIITEhim, 1984. – 46 p. [in Russian]
3. Uskach YA.L. Utilizatsiya i pererabotka solyanoy kisloty – osnovnogo otkhoda khlrororganicheskikh proizvodstv [The Utilization and treatment of hydrochloric acid is the main waste of chlorine and organic production] / J.L. Uskach, L.I. Kutyanin, S.B. Zotov and otheis // Encyclopedia inzhenera-khimika [Encyclopedia of engineer-chemist]. – 2009. – № 7. – P. 39–44. – ISSN 1994-6252 [in Russian]
4. Furman A.A. Neorganicheskiye khlорidy (khimiya i tekhnologiya) [Nonorganic chlorides (chemistry and technology)]/ A.A. Furman. – M.: Chemistry, 1980. – 416 p. [in Russian]
5. Abdulin F.S. Povysheniye proizvoditel'nosti skvazhin [The improvement of drill holes productivity]/ F.S. Abdulin. – M.: Nedra, 1975. – 264 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.085>Петров П.А.¹, Пайор В.А.², Панишева М.Д.³¹ORCID: 0000-0002-2883-9823, Кандидат технических наук,^{2,3}Студент,

Санкт-Петербургский горный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ АЛЮМИНИЯ**Аннотация**

Рассматриваются особенности технологии дополненной реальности. Обосновывается актуальность и возможность применения технологии в процессе производства алюминия. Описана методика и механизм работы дополненной реальности. Представлена разработка программной реализации дополненной реальности на примере лабораторного стенда, моделирующего многофункциональную систему автоматизированного питания глиноземом алюминиевого электролизера. Отмечены преимущества и недостатки рассматриваемой технологии применительно к алюминиевому производству.

Ключевые слова: дополненная реальность, программное обеспечение, маркер, производство алюминия, система питания.

Petrov P.A.¹, Payor V.A.², Panisheva M.D.³¹ORCID: 0000-0002-2883-9823, PhD in Engineering,^{2,3}Student,

Saint-Petersburg Mining University

APPLICATION OF AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IN ALUMINUM PRODUCTION**Abstract**

Main features of augmented reality technology are considered in the article. The relevance and possibility of using this technology in aluminum production process are investigated. The technique and mechanism of augmented reality operation are described. Implementation of augmented reality is presented on the example of a laboratory stand which simulates a multifunctional automated feeding system for alumina of an aluminum electrolyzer. The advantages and disadvantages of the technology in question are noted with regard to aluminum production.

Keywords: augmented reality, software, marker, aluminum production, power system.

Современным направлением в модернизации металлургических технологических производств, таких как высокотемпературные процессы получения алюминия электролизом криолитоглиноземных расплавов, является широкое внедрение новых методов и алгоритмов управления, развитых технических средств автоматизации, информационных технологий.

Одним из способов совершенствования производственного процесса является развитие его информатизации. Инновационные технологии позволяют дополнить традиционные методы управления производством, ускорить доступ к информационным источникам, повысить культуру труда и производительность технологического оборудования.

Задача совершенствования управления производственным процессом при помощи информационных технологий, среди которых все более важное значение занимают технологии дополненной реальности, является актуальной за счет улучшения качества продукции и повышения экономической и экологической эффективности производства.

Дополненная реальность (augmented reality) – совокупность технологий, позволяющих обеспечивать определенный уровень взаимодействия с реальным миром. Она позволяет совмещать объекты, которые человек воспринимает привычным способом восприятия, зрительным каналом, и виртуальные объекты виртуальной реальности.

Само понятие дополненной реальности возникло в военной сфере в США, когда были разработаны первые системы, представляющие собой специализированные шлемы для военных летчиков; на них проецировалась информация о показаниях приборов в удобном виде, позволявшая пилоту не отвлекаться на приборную панель.

Ускоренное развитие технологии дополненной реальности связано с развитием мобильных решений. Чем более высокопроизводительными стали процессоры, более качественными камеры, появились более компактные устройства, стало возможным решения задачи по использованию данной технологии на мобильных платформах. На сегодняшний день это три платформы – iOS, Android и Microsoft Windows.

Исследователь Рональд Азума в 1997 году определил дополненную реальность как систему, которая [1]:

- совмещает виртуальное и реальное;
- взаимодействует в реальном времени;
- обеспечивает трёхмерное представление объектов.

В чем разница между дополненной и виртуальной реальностью? О виртуальной реальности в настоящее время известно достаточно много, эта технология широко освещается в средствах массовой информации. Дополненная реальность построена на привязке к элементам реального мира. При наличии камеры мобильного устройства средствами технического зрения распознается, как правило, заранее заданный объект, в виде какого-либо графического маркера. Это может быть, по усмотрению разработчика, QR-код, штрих-код, либо динамические объекты. Виртуальная реальность не имеет никакой привязки к реальному миру и реальным объектам, она основана на погружении пользователя в виртуальную модель. Дополненная реальность создает контекстную информацию в режиме реального времени.

Механизм работы дополненной реальности состоит из трех основных этапов ее реализации [2]. Первый этап – распознавание реального объекта и последующая привязка к нему виртуального контента. В основе большинства средств дополненной реальности лежит компьютерное зрение, но в некоторых случаях возможна привязка к геопозиции – GPS, Glonass, а также с помощью bluetooth-маяков и показаний гироскопов устройств. Второй этап –

рендеринг – процесс отображения виртуального содержимого на основе информации, полученной в результате распознавания объекта. При этом виртуальные объекты размещаются поверх изображения реальных объектов. На полученный слой, например, поверх видеозаписи воспроизводится виртуальный трехмерный объект. В плане производительности устройств – это наиболее требовательный этап, если распознавание возможно на достаточно слабых устройствах, то на рендеринг, как более сложный процесс, требуется гораздо больше времени для вычислений. Наконец, третий этап – взаимодействие. Модель должна быть интерактивной – в этом и заключается суть технологии. С помощью нее вносится дополнительная интерактивность к объектам реальной действительности. Главная задача дополненной реальности – быстрая привязка к объекту и дополнение контекстной информации к объекту.

Распознавание, отслеживание какого-либо объекта происходит в реальном времени, к данному объекту привязывается виртуальная модель и пользователь воспринимает визуально информацию и в виде условных команд, если это, например, сенсорное устройство, взаимодействует с этой моделью.

В настоящее время на кафедре автоматизации технологических процессов и производств Горного университета проводится работа по разработке программного обеспечения дополненной реальности. В частности, разработка реализована на мобильном устройстве и представляет собой систему интерактивной визуализации проектируемого стенда для изучения процессов питания сырьевыми материалами в производстве алюминия. Стенд предназначен для имитации работы пробойника алюминиевого электролизера для проламывания криолит-глиноземной корки, последующей загрузки глинозема в расплав электролита и проведения измерений параметров расплава через изолированный пробойник.

Каким образом работает технология дополненной реальности применительно к данному стенду? Дополненная реальность реализована программно на базе операционной системы Android на 2-х основных платформах: в среде разработки двух- и трехмерных приложений на языке C# с интегрированным 3D-редактором (Unity Engine) и библиотеке компьютерного зрения Vuforia. Данная платформа позволяет приложению, установленному на мобильное устройство с камерой, обнаруживать и распознавать различные объекты, изображения, тексты и маркеры, расположенные на них.

Исследователь, инженер запускает приложение на смартфоне или планшете с установленным программным обеспечением, наводит камеру устройства на специальный маркер. Маркером обычно служит поверхность со специальным изображением. Тип рисунка может варьироваться и зависит от алгоритмов распознавания изображений. Программа в режиме реального времени обнаруживает маркер в видеопотоке, происходит обработка признаков маркера и положения его в пространстве и проецирует на него трехмерную виртуальную модель (рисунок 1). Маркер отслеживается благодаря библиотеке компьютерного зрения. Модель интерактивна, т.е. можно вращать, перемещать модель, прочитать информацию о стенде, его устройстве, измеряемых параметрах. При дальнейшем после сборки установки планируется доработать программное обеспечение, добавив возможность подключения к контроллеру системы управления процессом питания и получать с него информацию, контролировать и управлять объектом.

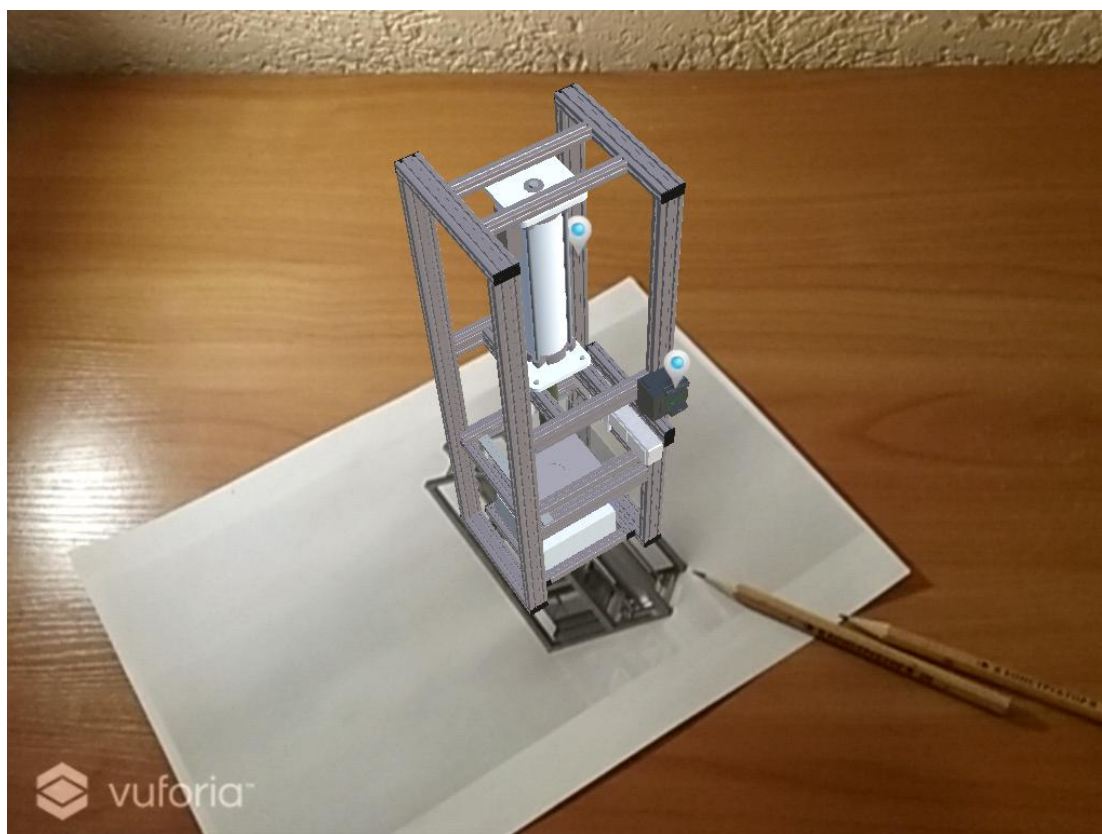


Рис. 1 – Лабораторный стенд в дополненной реальности

Преимущества дополненной реальности:

- обеспечение нового уровня взаимодействия пользователя с исследуемым объектом;
- наглядное представление информации;

- функционирование в реальном времени;
- поддержка 3D графики и анимации.

Недостатки

- высокие требования к аппаратной части;
- в частных случаях оптическое распознавание затруднено или невозможно, что решается совершенствованием алгоритмов.

Применение технологии дополненной реальности в производственном процессе, как показано в многочисленных исследованиях [3], дает возможность обогатить визуально и контекстуально оперативное ведение технологического процесса. Внедрение технологии дополненной реальности позволит повысить мотивацию производственных специалистов, заинтересовать руководство предприятия новыми способами представления и считывания информации, вести производственный процесс с меньшими рисками для персонала и оборудования, быстрее определять и устранять технологические нарушения.

Список литературы / References

1. Carmichael G. Understanding the Power of Augmented Reality for Learning / G. Carmichael, R. Biddle, D. Mould // Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education. – 2012. – P. 1761–1771.
2. Солдатов С.К. Интерфейс будущего – системы дополненной реальности / С.К. Солдатов, Н.В. Кузьмина // Современные технологии автоматизации. – 2016. – № 1. – С. 96–103.
3. Митра А. У дополненной реальности проблемы с отображением [Электронный ресурс] / А. Митра. – URL: <http://holographica.space/articles/blippar-1774> (дата обращения: 05.03.2017).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Carmichael G. Understanding the Power of Augmented Reality for Learning / G. Carmichael, R. Biddle, D. Mould // Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education. – 2012. – P. 1761–1771.
2. Soldatov S.K. Interfejs budushhego – sistemy dopolnennoj real'nosti [The interface of the future – augmented reality system] / S.K. Soldatov, N.V. Kuz'mina // Sovremennye tehnologii avtomatizacii [Modern automation technology]. – 2016. – № 1. – P. 96–103. [in Russian]
3. Mitra A. U dopolnennoj real'nosti problemy s otobrazheniem [Augmented reality display problems] [Electronic resource] / A. Mitra. – URL: <http://holographica.space/articles/blippar-1774> (accessed: 05.03.2017). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.180>

Савченков С.А.

Аспирант кафедры металлургии, Санкт-Петербургский горный университет

Работа поддержана Фондом содействия развитию малых форм и предприятий, договор № 10829ГУ/201 от 29.12.16.

АНАЛИЗ ДИАГРАММ ПЛАВКОСТИ ИТРИЙСОДЕРЖАЩИХ ГАЛОГЕНИДНЫХ СИСТЕМ

Аннотация

В процессе металлотермического получения магниевых лигатур определяющим является использование соответствующей галогенидной смеси. В статье выполнен анализ диаграмм состояния иттрийсодержащих галогенидных систем и представлены наиболее подходящие из них для более полного восстановления иттрия из расплава солей. Выявлено, что при использовании в качестве исходного материала фторида и хлорида иттрия температура плавления соединений может быть понижена за счет уменьшения температуры ликвидуса при одновременном вводе добавок хлорида калия и натрия.

Ключевые слова: галогенидные системы, диаграммы плавкости, фторид иттрия, хлорид иттрия, лигатура.

Savchenkov S.A.

Postgraduate Student,

Department of Metallurgy, St. Petersburg Mining University

The work was supported by the Foundation for Promotion of Small Forms and Enterprises, contract No. 10829U / 2016 of 29.12.16.

ANALYSIS OF FUSION DIAGRAMS OF YTTRIUM-CONTAINING HALIDE SYSTEMS

Abstract

The use of the corresponding halide mixture is the core element in metallothermic production of magnesium alloys. The analysis of the diagrams of the state of yttrium-containing halide systems is conducted and the most suitable ones are presented for a more complete reduction of yttrium from the salt melt. It is found that in case of using fluoride and yttrium chloride as a basic material, the melting point of the compounds can be lowered by reducing the liquidus temperature while simultaneously adding potassium and sodium chloride additives.

Keywords: halide systems, fusibility diagrams, yttrium fluoride, yttrium chloride, ligature.

Преимущества сплавов на основе магния, обусловлены физико-механическими характеристиками: высокой удельной прочностью и удельной жесткостью, в ряде случаев - хорошей свариваемостью, способностью поглощать энергию удара и вибрационные колебания. Известно, что применение иттрия в качестве легирующей и модифицирующей добавки позволяет значительно повысить прочность магниевых сплавов при комнатной и повышенных температурах. Магниевые сплавы, легированные иттрием нашли широкое применение в

машиностроении, авиации, ракетостроении, космонавтики и автомобилестроении, где требования в отношении высокой удельной прочности, являются основными. Ввод иттрия в качестве легирующего элемента оказывает заметное модифицирующее воздействие на магниевые сплавы, способствуя измельчению зерна.

Перспективность применения магниевых и алюминиевых сплавов и лигатур с редкоземельными металлами обсуждается в большом количестве работ как российских [1,2], так и зарубежных ученых [3,4]. Однако в их работах уделялось мало внимания разработке технологии металлургического получения лигатур системы магний-иттрий. Таким образом, круг вопросов, связанных с получением лигатур системы магний-иттрий с использованием метода металлотермии нуждаются в разработке научно обоснованных технических решений и их реализации.

В связи с высокой стоимостью исходных соединений редкоземельных металлов влияние на технико-экономические характеристики применяемых в промышленности сложных магниевых сплавов оказывают стоимость, состав и методы получения исходных лигатур. На сегодняшний день лигатуры, в основном, получают методом сплавления чистых компонентов, что сильно повышает стоимость полученного сплава. С экономической точки зрения наибольший интерес представляет металлургическое восстановление легирующих элементов из их оксидов, фторидов и хлоридов.

На технологические показатели процессов получения лигатур магний-иттрий, влияние оказывают агрегатное состояние и термическая стабильность, используемых при восстановлении, иттрийсодержащих расплавов. В частности, выход металла, однородность лигатуры и их чистота зависят от температуры плавления фторидов и хлоридов и наличия образования сложных соединений в системе. Изучение обменных взаимодействий на границе твердой и жидкой фаз необходимо для последующего регулирования температурного режима при восстановлении соединений иттрия.

Фторид иттрия YF_3 - бесцветные кристаллы, не растворимые в воде, образующие кристаллогидрат. У твердой фазы фторида иттрия существует две аллотропных формы: это низкотемпературная форма β - YF_3 и высокотемпературная форма α - YF_3 (рис.1.), которая образуется при температуре 1350 К [5,6]. Расчетная температура плавления фторида иттрия составляет 1428 К.

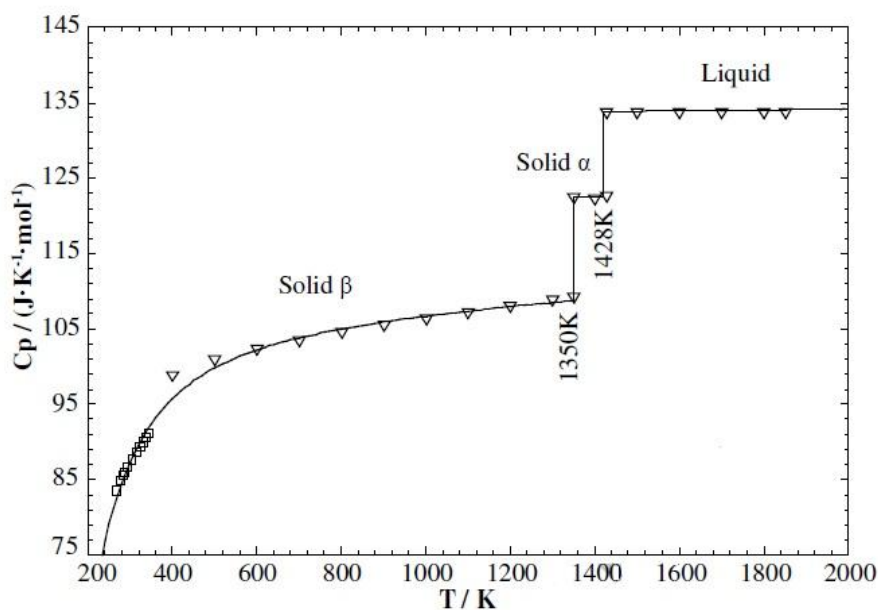


Рис. 1 – Значения теплоемкости YF_3 [5]

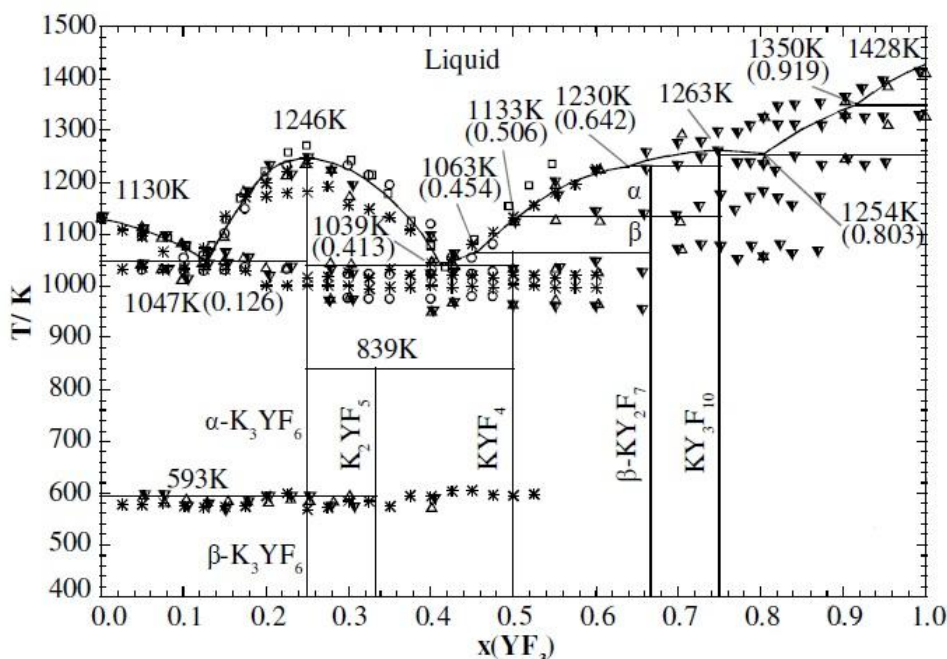
Для приготовления фторидов иттрия могут быть использованы четыре общеизвестных метода фторирования:

- 1) реакция оксида с газообразным фтористым водородом;
- 2) реакция оксида с бифторидом аммония;
- 3) осаждение фторида из водных растворов;
- 4) пропускание безводного фтористого водорода через расплавленную фтористую соль.

Применение метода прямого фторирования оксида иттрия газообразным HF для получения больших количеств фторида объясняется относительной простотой операции и возможностью выполнения ее при умеренных температурах. Стоит отметить, что методу осаждения фторидов из водных растворов присущ серьезный недостаток – в связи с желатинозностью гидратированного осадка затруднительно его отделять от водной фазы.

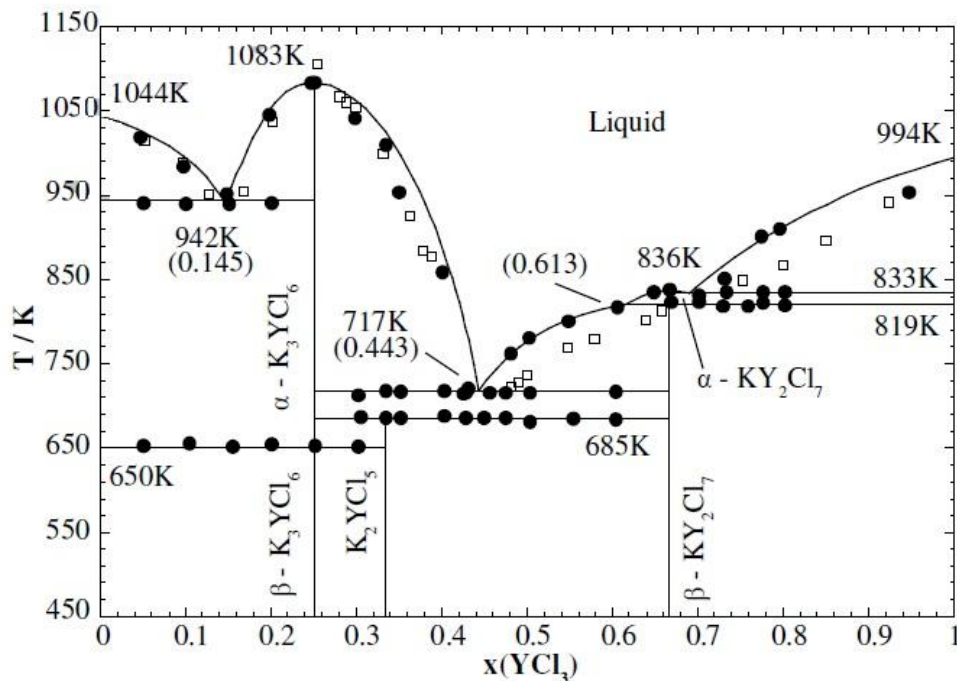
Хлорид иттрия YCl_3 - бинарное неорганическое соединение, соль металла иттрия и соляной кислоты, бесцветные кристаллы, растворимые в воде, которые могут образовывать кристаллогидраты. Расчетная температура плавления и энтальпия YCl_3 составляют 994 К и $31381 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1}$. Хлориды иттрия могут быть получены растворением оксидов редкоземельных металлов в соляной кислоте с последующим нагревом раствора для удаления несвязанной воды. Также возможно применение безводного метода приготовления. Сущность этого метода основывается на реакции в твердом состоянии оксида иттрия с хлористым аммонием, взятым в избыточном количестве. Другой сухой способ получения хлоридов иттрия основан на реакции между оксидом и тионилхлоридом.

Фазовая диаграмма $KF-YF_3$ была исследована авторами [5], которые использовали четыре метода моделирования. Исследованная фазовая диаграмма показана вместе с доступными измерениями на рисунке 2.

Рис. 2 – Диаграмма плавкости KF-YF₃ [5]

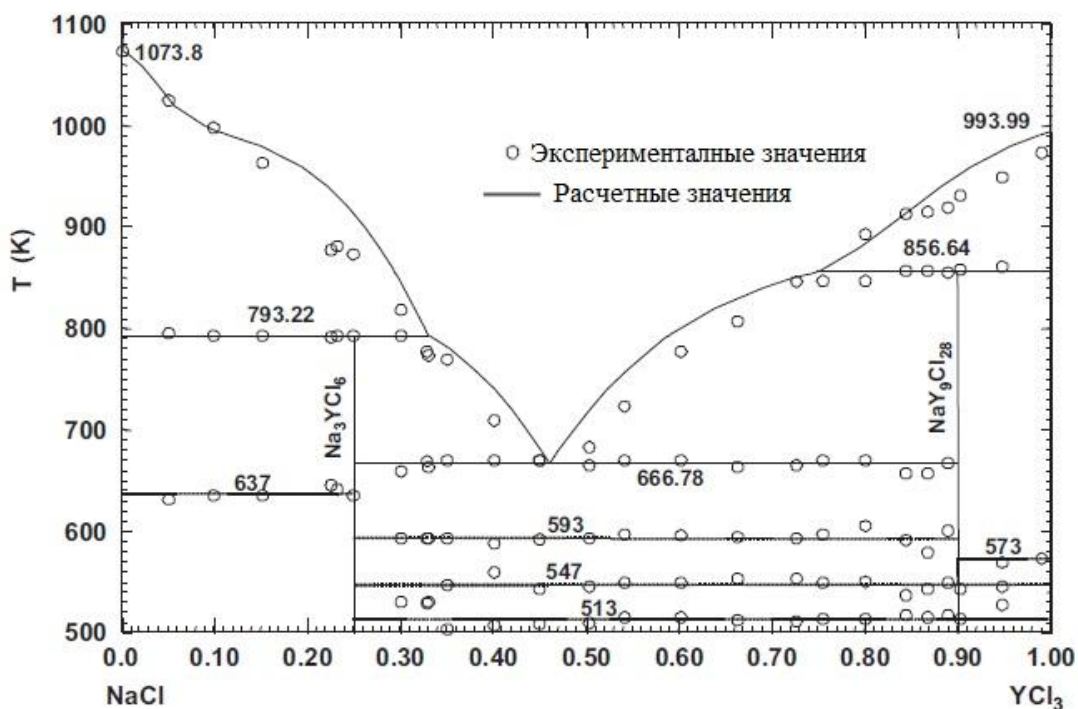
Четыре метода были использованы для того, чтобы попытаться наилучшим образом воспроизвести информацию по энтальпии смешивания «жидкость-жидкость», полученную из доступных измерений энтальпии смешивания «жидкость-твердое» для двухкомпонентной системы KF-YF₃. В системе обнаружено пять промежуточных соединений - K₃YF₆, KYF₅, KYF₄, KY₂F₇ и KY₃F₁₀, при этом выявлено, что соединение KY₃F₁₀ плавится конгруэнтно. Рассчитанная температура плавления соединения для KY₃F₁₀ равна 1273±15K, K₂YF₅ плавится при температуре 839 K, температура перехода «твердое-твердое» составляет 1133 K, температура плавления KY₂F₇ - 1238 K, температура плавления KY₃F₁₀ - 1270 K.

Фазовая диаграмма KF-YCl₃ была построена с помощью ДТА и рентгенодифракционного метода с ДТА. При помощи калориметрического метода измерили энтальпию смешивания системы «жидкость-жидкость» для двухкомпонентной системы KCl-YCl₃ при температуре 1143 K (рис.3).

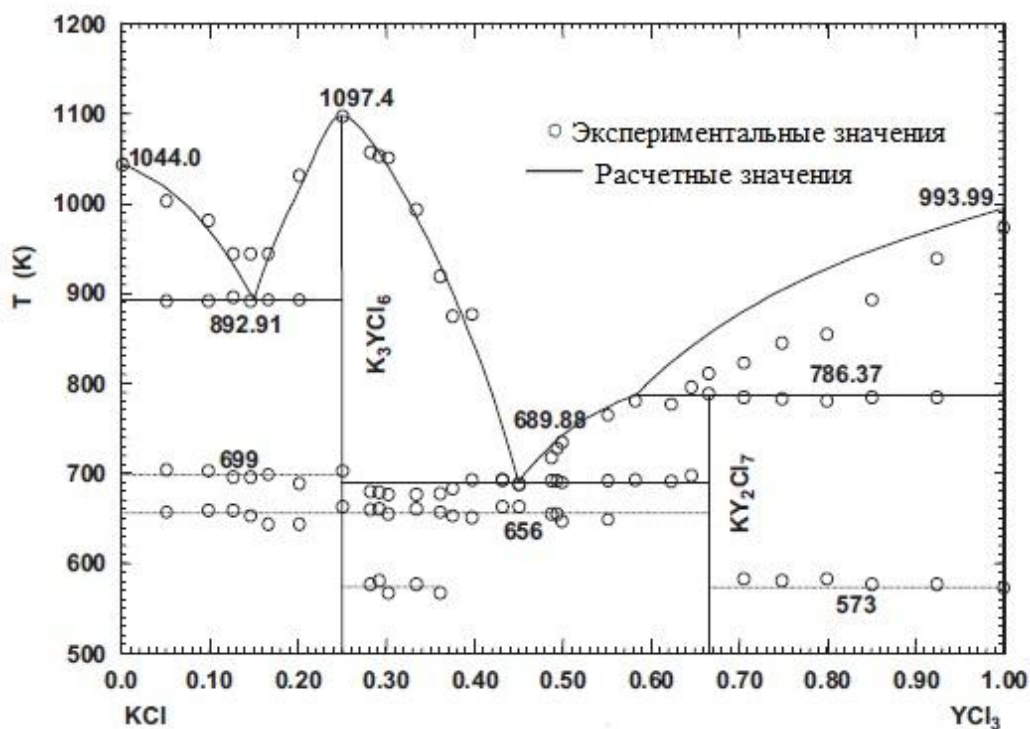
Рис. 3 – Диаграмма плавкости KF-YCl₃ [5]

В системе обнаружено четыре промежуточных соединения- Y₂Cl₆, K₃YCl₆, K₂YCl₅, KY₂Cl₇. Были установлены энтальпии образования двух соединений при температуре 298,15K для компонентов 0,5KY₂Cl₇ и K₃YCl₆, равные -25,3 кДж·моль⁻¹ и -50,1 кДж·моль⁻¹, соответственно.

Исследована **диаграмма NaCl-YCl₃** (рис.4). В системе обнаружено два перетектических промежуточных соединения Na₃YCl₆ и NaY₉Cl₂₈, имеющих температуру плавления 793,2 K и 856,6 K соответственно.

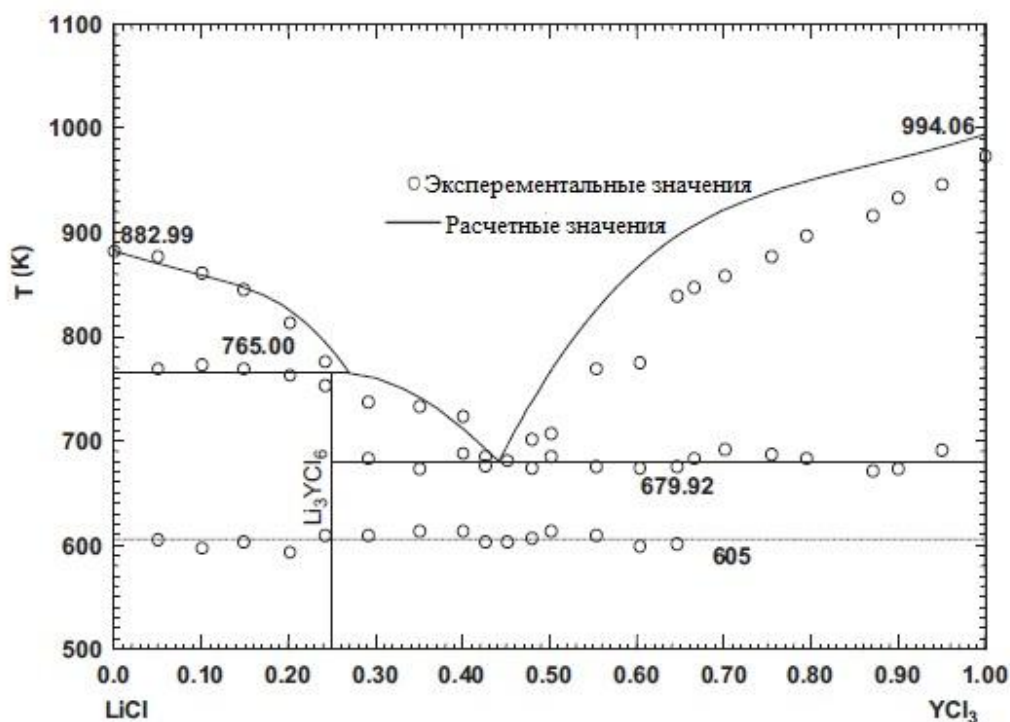
Рис. 4 – Диаграмма плавкости NaCl-YCl₃ [7]

В системе YCl₃-KCl (рис.5) обнаружено два соединения: K₃YCl₆ с температурой плавления 1097,4 К, и KY₂Cl₇ с температурой плавления 786,4 К.

Рис. 5 – Диаграмма плавкости KCl-YCl₃ [7]

Также система имеет две эвтектики; при 892, 9 К, которая составляет 15,0 мас. % YCl₃ и при 689,9 К, которая составляет 45,0 мас. % YCl₃ соответственно.

Фазовая диаграмма YCl₃-LiCl показана на рисунке 6. Система имеет эвтектику при 679,9 К, которая составляет 44,2 мас. % YCl₃ соответственно. Обнаружено промежуточное соединение Li₃YCl₆ с температурой плавления 765,0 К.

Рис. 6 – Диаграмма плавкости LiCl- YCl₃ [7]

В результате изучения иттрийсодержащих галогенидных систем выявлено, что при использовании в качестве исходного материала фторида и хлорида иттрия температура плавления соединений может быть понижена за счет уменьшения температуры ликвидуса при одновременном вводе добавок хлорида калия и натрия. Перспективными солевыми системами для восстановления иттрия магнием при температуре 950-1050 К являются смеси: фторида или хлорида иттрия, хлористого калия, хлористого натрия и фтористого кальция, а также смесь фторида или хлорида иттрия, хлористого лития и фтористого калия.

В последующем планируется проведение экспериментов по получению лигатур магний-итрий, восстановлением иттрия из расплава солей, представленного выше состава.

Список литературы / References

1. Bazhin V.Yu. Synthesis of aluminum based scandium–yttrium master alloys / V.Yu. Bazhin, Ya.I. Kosov, O.L. Lobacheva, N.V. Dzhevaga // Russian Metallurgy. – 2015. – No.7. – P. 516–520.
2. Endalkachey Mosisa. Review on nano particle reinforced aluminum metal matrix composites / Mosisa Endalkachey, V.Yu. Bazhin, S.A. Savchenkov // Research Journal of Applied Sciences. – 2016. - Vol. 11, No.5. – P. 188-196.
3. Lizi Liu. Microstructure, texture, mechanical properties and electromagnetic shielding effectiveness of Mg-Zn-Zr-Ce alloys / Liu Lizi // Materials Science Engineering. - 2016. – No.4. - P. 259-268.
4. Xin Zhang. Experimental investigation of the Mg-Zn-Zr ternary system / Zhang Xin // Alloys and Compounds. - 2016. - P. 1-38.
5. Zhangyang Kang. Thermodynamic evaluation and optimization of the (KF+YF₃), (KCl+YCl₃) and (YF₃+YbF₃) binary systems / Kang Zhangyang, R.Christian, H. Maogang, P. Chartrand // The Journal of Chemical Thermodynamics. – 2016. – Vol. 98. – P. 242-253.
6. Spedding F. H. High-Temperature Heat Contents and Related Thermodynamic Functions of Seven Trifluorides of the Rare Earths: Y, La, Pr, Nd, Gd, Ho, and Lu / F. H. Spedding, D. C. Henderson // The Journal of Chemical Physics. – 1971. – Vol. 54. – P. 2476-2483.
7. Yimin Sun. Thermodynamic optimization and calculation of the YCl₃-ACl (A=Li, Na,K,Rb,Cs) phase diagrams / Sun Yimin, Guochen Bian, Wei Tao, Chunhai Zhai, Ming Zhong, Zhiyu Qiao // CALPHAD: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry. - 2012. - P. 1-10.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.128>Свергун С.В.¹, Куликова Н.Н.², Гусев А.А.³¹Начальник мобилизационного отдела²ORCID: 0000-0001-6216-6178, Кандидат биологических наук,

Преподаватель

³ORCID: 0000-0002-5121-6675, Преподаватель,

Кубанский государственный университет

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА БИОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНДИВИДА КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О НЕОБХОДИМОСТИ ВРАЧЕБНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Аннотация

Большое количество инструментов компьютерной диагностики заболеваний, созданных в последние годы в России и за рубежом не интегрированы с информационными системами государственных и частных клиник. Статья посвящена концепции и эскизному проекту информационной системы для мониторинга изменений биологических констант, которая интегрирована с региональными учреждениями логистики медицинской диагностики и клиниками. Система также пригодна для индивидуальной поддержки принятия решений по раннему обращению к врачу. Авторы создали концепцию и эскизный проект системы, определили модули системы и способ их взаимодействия, а также блок-схему работы клиентского мобильного приложения поддержки принятия решений.

Ключевые слова: врачебная диагностика, профилактика заболеваний, поддержка принятия решений, системология.

Svergun S.V.¹, Kulikova N.N.², Gusev A.A.³¹Head of Mobilization Department²ORCID: 0000-0001-6216-6178,

Candidate of Biological Sciences, Teacher

³ORCID: 0000-0002-5121-6675, Teacher,

Kuban State University

INFORMATION SYSTEM OF MONITORING BIOLOGICAL CONSTANTS OF INDIVIDUAL LIVING AS A PLATFORM FOR SUPPORTING DECISION-MAKING ON NECESSITY OF MEDICAL DIAGNOSTICS

Abstract

In recent years a large number of computer diagnostic tools for diseases were created in Russia and abroad. However, they are not integrated into the information systems of public and private clinics. The article is devoted to the concept and outline design of the information system for monitoring changes in biological constants, integrated with regional medical diagnostic logistics institutions and clinics. This system is suitable for individual decision-making support for early referrals to a doctor. The authors created the system's concept and outline design, defined the modules of the system and the way they interact, and developed as a flowchart for a mobile application of decision-making support for a customer.

Keywords: medical diagnostics, disease prevention, decision-making support, systemology.

Накопление больших массивов данных биологических констант индивида (пульс, температура тела, продолжительность сна, потребляемые калории и др.), снимаемых автоматически и полуавтоматически мобильными гаджетами создает спрос на разработку компьютерных средств анализа данных и прогнозирования для выявления заболеваний на ранних стадиях, использования полученных данных при оказании неотложной помощи, в качестве дополнения к периодической диспансеризации населения, при самостоятельном обращении граждан в лечено-профилактические учреждения (ЛПУ).

Актуальность этой проблемы возрастает по мере оптимизации бюджетных расходов на диспансеризацию населения с одновременным удешевлением персональных электронных устройств, способных оказывать помощь в ранней диагностике заболеваний при наличии соответствующего программного обеспечения, интегрированного с информационными системами ЛПУ.

Высокая потребность в получении гражданами медицинских услуг он-лайн привела к появлению большого количества интернет-порталов и мобильных приложений, позволяющих удаленно получить рекомендации по постановке правильного диагноза [1], вести журнал измерений артериального давления [2] и т.п. Однако, доступные в российском сегменте сети Интернет сервисы не позволяют интегрировать собранные пользователями данными с информационными системами ЛПУ в целях поддержки принятия решения пользователем о раннем обращении в ЛПУ за профессиональной медицинской диагностикой.

Нашу задачу мы видим в разработке механизма взаимодействия информационной системы мониторинга биологических констант жизнедеятельности индивида (СМБК) с ЛПУ.

Решение этой задачи представляется нам связанным с созданием региональных интеграторов логистики медицинской деятельности (РИЛМД), объединяющих граждан – абонентов СМБК, ЛПУ, операторов связи и информационно-вычислительные комплексы/базы данных (ИВК-БД).

Рассмотрим основных участников СМБК и их роли.

Абоненты СМБК это физические лица, собирающие в оцифрованном виде данные биологических констант с последующей переработкой, передачей и хранением в ИВК-БД для использования при обращении в ЛПУ всех форм собственности.

Абонентский носимый гаджет, способный автоматически и полуавтоматически собирать данные биологических констант, такой как «умные часы», «фитнес-браслет» и др. мы предлагаем обобщенно именовать «браслет здоровья».

Абоненты СМБК обмениваются с ЛПУ и ИВК-БД цифровой информацией по каналам связи, представляемыми

национальными операторами мобильной и/или городской телефонной связи.

ЛПУ представлены медицинскими организациями всех форм собственности, участвующими в СМБК, оборудованными системой доступа к ИВК-БД и имеющие специально обученный персонал.

С помощью СМБК реализуется правило «Гражданин как пациент заблаговременно помогает врачу-специалисту себя обследовать». Основным гуманитарным принципом СМБК является «Профилактика как изменение отношения граждан к своему здоровью».

Информационно-вычислительные комплексы-базы данных (ИВК-БД) – организационно выделенные программно-технические комплексы по переработке и хранению обезличенной информации об абонентах системы СМБК. Эти комплексы самостоятельно решают следующие задачи:

- получение первичной информации и ее регистрация в базе данных;
- если полученные значения не выходят за границы условной нормы (критические параметры не сигнализируют о болезни или её ускоренном процессе), то обработка на этом заканчивается;
- если алгоритм обработки выдает разные степени «тревоги» (определяется по формализованным рекомендациям медицинских работников, то есть на данном этапе без участия врача), то высылается сигнал-приглашение абоненту посетить ЛПУ с целью личного осмотра врачом-специалистом с последующей рекомендацией порядка обследования и/или лечения. При этом абонент сам может выбрать ЛПУ для обращения и об этом будет сообщено в ИВК-БД. Последняя вышлет заявку на обслуживание абонента в указанное ЛПУ. После лечения и выписки из ЛПУ врач формирует набор данных для дальнейшего хранения. Сама история болезни пациента как абонента СМБК в виде «электронной истории болезни» при оказании медицинской помощи (ГОСТ Р 52636-2006) являются технически и программно- совместимыми, но различными отдельными системами;
- в определенные календарные периоды согласно региональным и корпоративным планам диспансеризации населения и сотрудников по указанию абонентов в пакетной форме по заранее обработанному алгоритму информация направляется в соответствующие ЛПУ. После диспансеризации врач формирует набор информации для дальнейшего хранения;
- в случае внезапной смерти, травмы или болезни также осуществляется запрос в ИВК-БД в интересах страховых организаций и более полного учета ранее прошедших обследований и консультаций.

Операторы сотовой связи/интернет провайдеры обеспечивают работу каналов связи по обмену информацией между участниками о биологических константах в режиме реального времени. Плата осуществляется по тарифам оператора с учетом социальной значимости данной инфраструктуры и одновременной высокой лояльности абонентов как пользователей их услуг.

Данные, собранные РИЛМД должны подвергаться репликации на федеральном уровне в режиме онлайн. Таким образом, все участники рынка медицинских услуг могут получить механизм мониторинга реальных объёмов и качества медицинской диагностики.

Предлагаемая нами схема работы РИЛМД представлена на рис. 1.

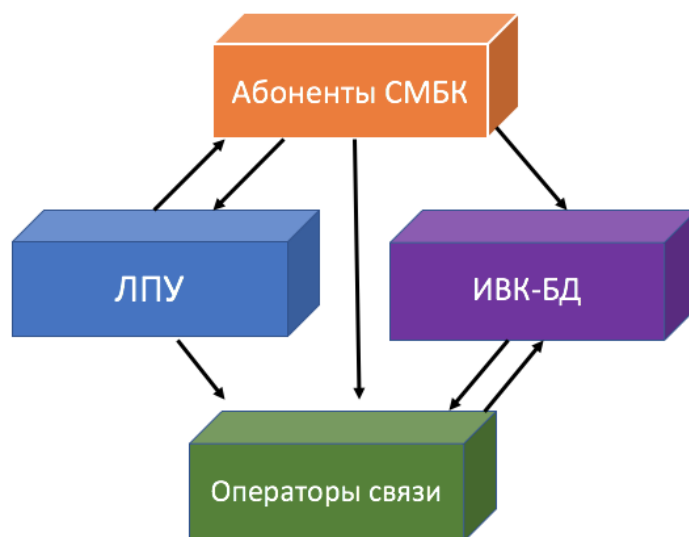


Рис. 1 – Схема работы РИЛМД

Представляется целесообразным создать единый механизм в федеральном центре, позволяющий проводить системный анализ поступающих данных различных РИЛМД с использованием методов системологии [3] в целях поддержки принятия управленческих решений по организации здравоохранения.

Созданный нами эскизный проект медицинской информационной системы мониторинга биологических констант жизнедеятельности индивида (СМБК) включает совокупность следующих программно-аппаратных компонентов:

1. мобильное абонентское приложение, интегрированное с «браслетом здоровья»;
2. интернет-портал СМБК;
3. облачный сервер хранения и обработки данных.

После авторизации в мобильном приложении пользователь видит на экране смартфона главное меню, обеспечивающее возможность добавлять, удалять, редактировать данные медико-биологических констант и персональные данные, смотреть предупреждения, найти и связаться с ЛПУ.

Существенной особенностью мобильного приложения является контроль вхождения биологических параметров в допустимый коридор безопасных для жизни и здоровья значений. При отклонении полученных результатов от допустимых (например, скачок артериального давления) мобильное приложение посылает сигнал тревоги на сервер системы и выводит предупреждение для пользователя, предлагая обратиться в ближайшее ЛПУ, принимающее граждан в данное время суток.

Блок-схема алгоритма работы мобильного приложения СМБК в общем виде приведена на рис. 2.

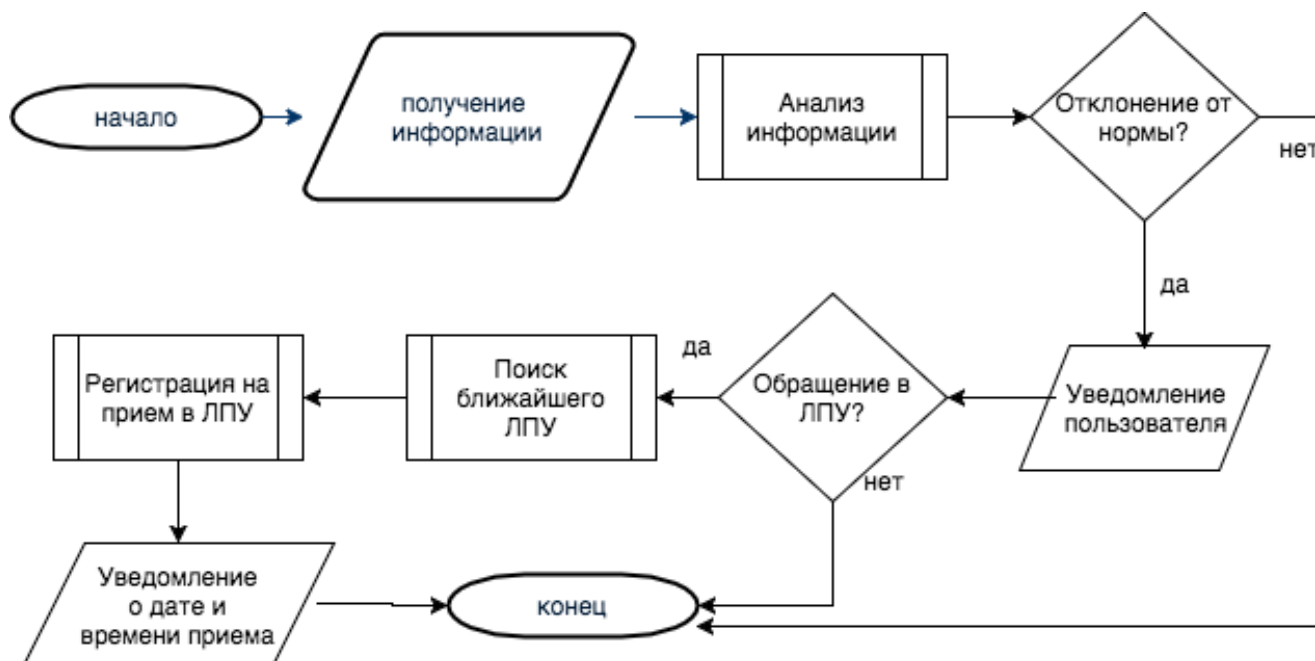


Рис. 2 –Алгоритм работы мобильного приложения СМБК

Также взаимодействие абонента с СМБК может осуществляться через интернет-портал.

Интернет-портал системы должен быть доступен с настольных компьютеров и разделен на клиентскую часть и часть, предназначенную для специалистов ЛПУ. Авторизация специалиста ЛПУ возможна только при входе на портал с диапазона IP-адресов одного из подключенных к системе ЛПУ.

После авторизации в системе через портал, специалист ЛПУ должен иметь возможность:

- получить доступ к переписке с клиентами ЛПУ, наподобие личной переписки в социальной сети;
- увидеть на карте текущие обращения клиентов, отправленные через приложение;
- увидеть на карте сигналы тревоги от граждан в зоне ответственности ЛПУ, отправленные ими вручную или сгенерированные автоматически мобильными приложениями;
- получить доступ к медицинским данным самостоятельно обратившегося гражданина или лица, находящегося в тревожной ситуации.

Клиент ЛПУ после авторизации на портале может выполнить те же действия, что и пользователь мобильного приложения, а именно загрузить результаты анализов, посмотреть предупреждения, найти ЛПУ на карте, связаться с ЛПУ и вызвать скорую помощь.

Для обеспечения безопасности пользовательских данных портал должен быть разграничен на две области – открытую и закрытую [4][5]. Открытая общедоступная область содержит возможность доступа для всех групп пользователей к общей информации, посвященной проекту. Закрытая область портала предназначена для административного персонала, зарегистрированных клиентов и специалистов ЛПУ. Доступ к различным областям рассматриваемого ресурса обеспечивается системой регистрации и управления пользователями. Также данная система должна обеспечивать возможность управления ресурсами и безопасностью.

Серверная часть СМБК включает систему ИВК-БД для хранения текстовой и графической информации о пользователях системы, их медицинских данных, их местоположении, данных об ЛПУ, специалистах ЛПУ, отправленных заявках в ЛПУ, сигналах тревоги, алгоритмах принятия решений по медицинской диагностике и организации здравоохранения в целом.

Таким образом, реализация созданного нами проекта Информационной системы мониторинга биологических констант жизнедеятельности индивида позволит достичь следующих целей:

- обеспечить прозрачность получения медицинских услуг;
- сократить расходы на диспансеризацию населения;
- повысить уровень ответственности граждан по отношению к своему здоровью;
- обеспечить раннюю диагностику угрожающих состояний и заболеваний;
- сформировать наборы данных об абонентах, необходимые специальным службам в случае экстренной госпитализации гражданина при назначении неотложной помощи.

Для решения задач обработки полученной СМБК информации в целях поддержки принятия решений по первичному обращению клиента в ЛПУ для дальнейшей диагностики предполагается использовать разработанную в Кубанском государственном университете информационную систему поддержки принятия управленческих решений AimDSS[6], апробированную ранее в задаче прогнозирования циклов солнечной активности [7].

Список литературы / References

1. Диагноз.ру – Ваш медицинский онлайн-диагноз [Электронный ресурс] – URL: <http://www.diagnos.ru/> (дата обращения: 19.02.2017).
2. Приложения на Google Play – Журнал измерений давления [Электронный ресурс] – URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ptashek.bplog> (дата обращения: 19.02.2017).
3. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач / Дж. Клир – М. : Радио и связь, 1990. – 544 с.
4. Куликова Н.Н. Концепция разработки высоконагруженного образовательного портала / Н.Н. Куликова // Материалы XXVI международной научно-практической конференции «Естественные и математические науки в современном мире». – Новосибирск : Издательство «СибАК», 2015. № 1(25). – С. 54–58.
5. Kulikova N.N., Gusev A.A. The development of a model of embedded program module for web-application vulnerability detection / N.N. Kulikova, A.A. Gusev // Материалы международной научно-практической конференции «Academic science – problems and achievements V». – North Charleston, США. 2014. Т.1– С. 129–133.
6. Свид. 2016610899 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Программа принятия управленческих решений «AimDSS» / А.А. Гусев, Н.А. Швецова; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВПО КубГУ (RU). – №2015661290; заявл. 23.11.15; опублик. 21.01.16, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.
7. Гусев А.А., Швецова Н.А., Волошин А.Э., Яковенко Н.А. Изучение применимости инструментального средства нечеткого индуктивного рассуждения к задаче прогнозирования солнечной активности / А.А. Гусев, Н.А. Швецова, А.Э. Волошин, Н.А. Яковенко // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. – 2016. – №4. – С. 35–38.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Diagnos.ru – Vash medicinskij onlajn-diagnoz [Diagnos.ru – Your medical online-diagnosis] [Electronic resource] – URL: <http://www.diagnos.ru/> (accessed: 19.02.2017). [in Russian]
2. Prilozheniya na Google Play – ZHurnal izmerenij davleniya [Applications on Google Play – Blood pressure log] [Electronic resource] – URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ptashek.bplog> (accessed: 19.02.2017). [in Russian]
3. Klir G. J., Elias D. Architecture of systems problem solving / G.J. Klir, D. Elias. - Second edition. New York: Plenum Publishers, 2003. – 349 p.
4. Kulikova N.N. Konceptiya razrabotki vysokonagruzhennogo obrazovatel'nogo portala [Conception of high-load educational portal development] / N.N. Kulikova // Materialy XXVI mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire» [Materials of the XXVI international science and practical conference “Science and Math in the Modern World”] – Novosibirsk : SibAK, 2015. № 1(25). – P. 54–58. [in Russian]
5. Kulikova N.N., Gusev A.A. The development of a model of embedded program module for web-application vulnerability detection / N.N. Kulikova, A.A. Gusev // Materials of international science conference «Academic science – problems and achievements V». – North Charleston, США. 2014. Vol.1– P. 129–133.
6. Gusev A.A., Shvetsova N.A. Program for management decision-making “AimDSS” / A.A. Gusev, N.A. Shvetsova. Certificate of State Registration for Computer Program № 2016610899 Russian Federation.
7. Gusev A.A., Shvetsova N.A., Voloshin A.E., Yakovenko N.A. Izuchenie primenimosti instrumental'nogo sredstva nechetkogo induktivnogo rassuzhdeniya k zadache prognozirovaniya solnechnoj aktivnosti [The study of the applicability of the tool for fuzzy inductive reasoning to the problem of solar activity prediction] / A.A. Gusev, N.A. Shvetsova, A.E. Voloshin, N.A. Yakovenko // Ekologicheskij vestnik nauchnyh centrov Chernomorskogo ehkonomicheskogo sotrudnichestva [Ecological Bulletin Of Research Centers Of The Black Sea Economic Cooperation]. – 2016. – №4. – P. 35–38. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.049>Семихин Д.В.¹, Спрысков А.А.²¹Доцент по кафедре информационных систем, кандидат физико-математических наук, доцент,
Тюменский государственный университет,²Студент, Тюменский государственный университет**ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНСТРУКТОР ОТЧЕТОВ ДЛЯ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ****Аннотация**

В настоящей статье предложена возможность расширить возможности информационных систем, использующих сервер баз данных FireBird путем подключения дополнительного инструмента – средства визуального конструирования отчетов. Описана задача многомерного анализа данных. Приведены концепции и технологии, положенные в основу бизнес-анализа. С использованием графических средств языка UML выполнено проектирование программного продукта. Описаны принципы использования и функциональные возможности программного продукта при работе с данными мониторинга рынка труда в Тюменской области.

Ключевые слова: принятие решения, бизнес-анализ, многомерный анализ, кросс-таблицы, базы данных, визуализация данных.

Semikhin D.V.¹, Spryskov A.A.²¹PhD in Physics and Mathematics, Associate professor, Tyumen state University,²Student, Tyumen state University**VISUAL REPORT DESIGNER FOR MULTIDIMENSIONAL DATA ANALYSIS****Abstract**

The paper describes the possibility to extend the capabilities of information systems using Firebird database server by connecting the additional tool – a visual design tool. The problem of multidimensional data analysis is considered, the concepts and technologies underlying the business analysis are presented in the paper as well. The design of the software product is performed with the help of graphic tools of UML. The basic principles of use and functionality of the software product are described when working with labor market monitoring data in the Tyumen region.

Keywords: decision making, business analysis, multidimensional analysis, cross-tables, databases, data visualisation.

Современный мир диктует все более и более высокие требования к конкурентоспособности предприятий. И во многом она определяется способностью быстро и безошибочно принимать стратегически важные решения. Процесс принятия таких решений основан на оценке различных гипотез, которые могут быть проверены наличием или отсутствием корреляции между некоторыми параметрами. Причем число таких параметров может колебаться в широком диапазоне, а последовательность значений каждого параметра формирует «измерение» [1, С.41].

В современном представлении, многомерность данных – это наличие нескольких независимых измерений, вдоль которых эти данные могут быть проанализированы. Анализ данных по нескольким измерениям называется многомерным. В свою очередь, инструменты обработки и анализа многомерных данных, используемые для принятия решения называются инструментами бизнес-анализа (в английской литературе – Business Intelligence, BI).

Уже в 60-х годах прошлого столетия Джоном Тьюки (John Tukey) были высказаны идеи, что из данных очень много можно получить просто их визуализируя. Следуя предложенной им концепции, современная бизнес-аналитика для проверки гипотез использует технологии визуализации данных и построения моделей. Наиболее актуальным способом визуализации данных на настоящий день является кросс-таблицы OLAP (англ. On-Line Analytical Processing – интерактивная аналитическая обработка). Программные комплексы, реализующие OLAP-функциональность, как правило являются компонентами программных решений класса BI.

Ряд промышленных систем хранения данных (от компании Microsoft, Oracle) имеют собственные инструменты бизнес-аналитики, интегрированные с системой управления базами данных. Исключением являются СУБД, созданные и распространяемые как свободное программное обеспечение. При создании систем, использующих базы данных таких СУБД, для получения OLAP-отчетов требуется сторонние продукты.

К числу таких серверов баз данных можно отнести FireBird – реляционную систему управления базами данных, являющуюся потомком InterBase фирмы Borland [2, С.35].

В данной работе рассматривалась задача создания приложения, которое бы подключалось к базе данных под управлением FireBird и предоставляло гибкий интерфейс для построения произвольных отчетов, в соответствии со структурой, запрошенной пользователем.

Поскольку предполагалось, что один из вариантов функционирования приложения – динамически подключаемая библиотека, продукт должен функционировать без привязки к структуре данных конкретной базы данных.

Общие требования, которые были предъявлены к решению:

- возможность создания кросс-таблиц произвольной структуры по произвольным данным;
- отсутствие привязки к какой-либо конкретной схеме данных;
- возможность сохранения/загрузки созданных пользователем структур отчетов;
- возможность экспорта полученных отчетов данных в MS Excel;

Для реализации поставленной задачи средствами языка UML (Unified Modeling Language, унифицированный язык моделирования [3]) выполнено проектирование программного продукта (рисунок 1). Основной класс конструктора отчетов – класс Preset, служащий для создания макета отчета.

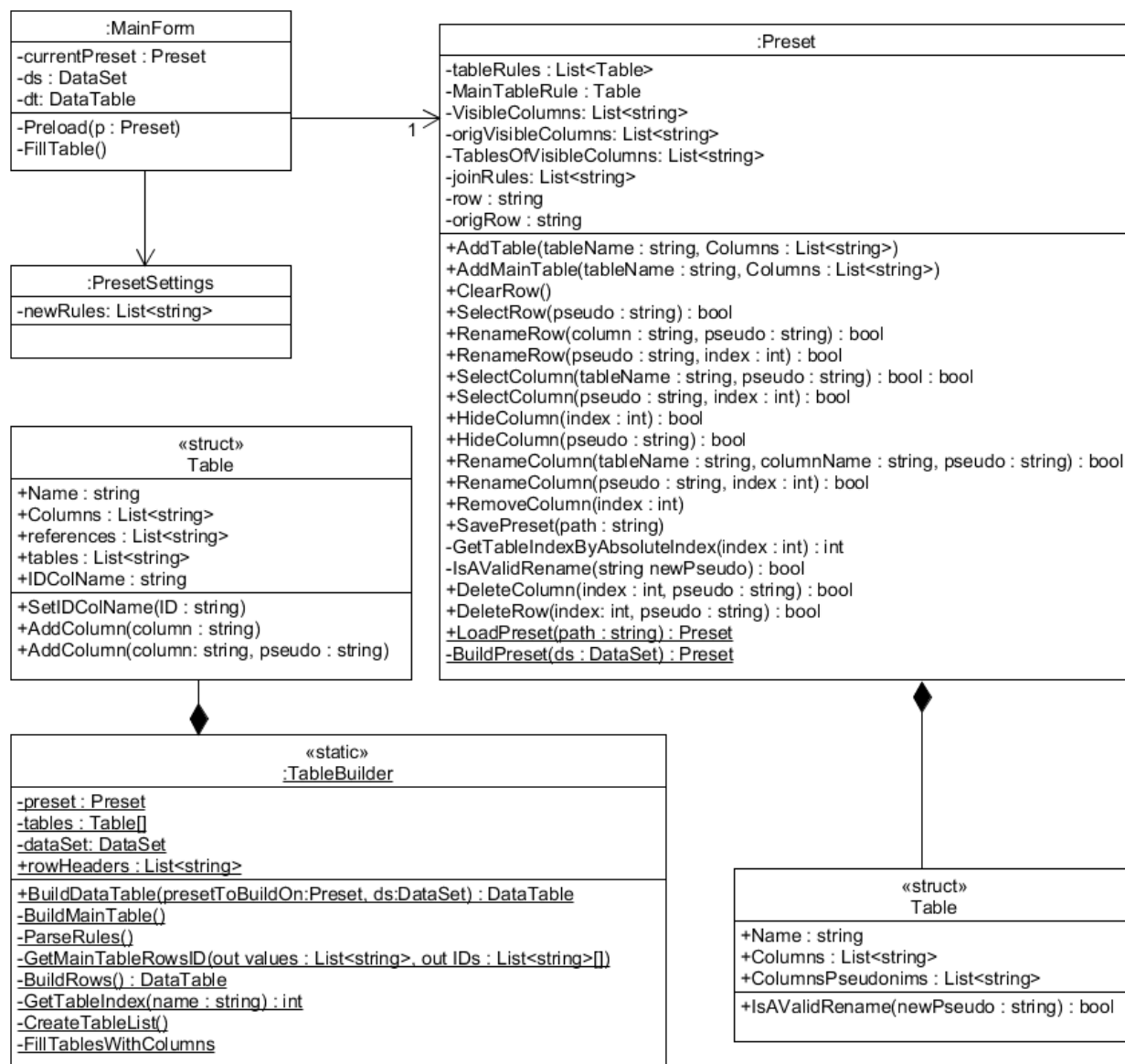


Рис. 4 – Диаграмма классов UML для конструктора отчетов

Работа конструктора тестировалась на примере данных мониторинга рынка труда в Тюменской области. Анализ состояния и прогнозирование ситуации проводится ежегодно Департаментом труда и занятости населения. Для сбора данных привлекается сторонняя компания, в задачу которой входит проведение анкетирования юридических лиц (коммерческих предприятий, частных предпринимателей, образовательных предприятий) и статистического анализа собранного материала. Задача, поставленная при анкетировании, меняется год от года. Единственно, что неизменно, это часть данных, относящаяся к данному работодателя – юридического лица (наименование, юридический и почтовый адрес, руководитель, форма собственности, код отчитывающейся организации ОКПО, ОКВЭД и прочее).

На основе собранной информации по запросу Департамента труда строятся различные отчеты с ежегодно динамической структурой. Содержимое этих отчетов меняется года от года, также, как и анкеты. Некоторые общие отчеты (например, отчеты по уровню занятости населения в различных районах Тюменской области) не меняются, некоторые же (например, высвобождение рабочей силы в различных отраслях сельского хозяйства в отдельном регионе, пережившем подтопление) ситуативны и от года к году могут менять свою структуру или не появляться вовсе.

Так, например, для оперативной обработки данных по анкете «Сведения о создании высокопроизводительных рабочих мест», в базу данных заносится информация, позволяющая в дальнейшем анализировать ее по таким разрезам, как: раздел ОКВЭД, год, ОКПДТР, территория; а также по показателям: количество работников в соответствии со штатным расписанием, количество созданных высокопроизводительных рабочих мест на текущий год, количество созданных высокопроизводительных рабочих мест через год, количество созданных высокопроизводительных рабочих мест через 2 года, количество созданных высокопроизводительных рабочих мест через 3 года.

Добавление новых столбцов и строк в макет отчета реализовано механизмом Drag&Drop. До тех пор, пока пользователь не запросил построение отчета, доступен его предпросмотр (рисунок 2). После нажатия пользователем кнопки «Построить отчет» строится отчет по заданному пользователем макету. Для столбцов и строк доступно переименование и исключение из области. Построенный отчет можно экспортировать в табличный редактор Excel по нажатию кнопки «Экспорт в Excel».

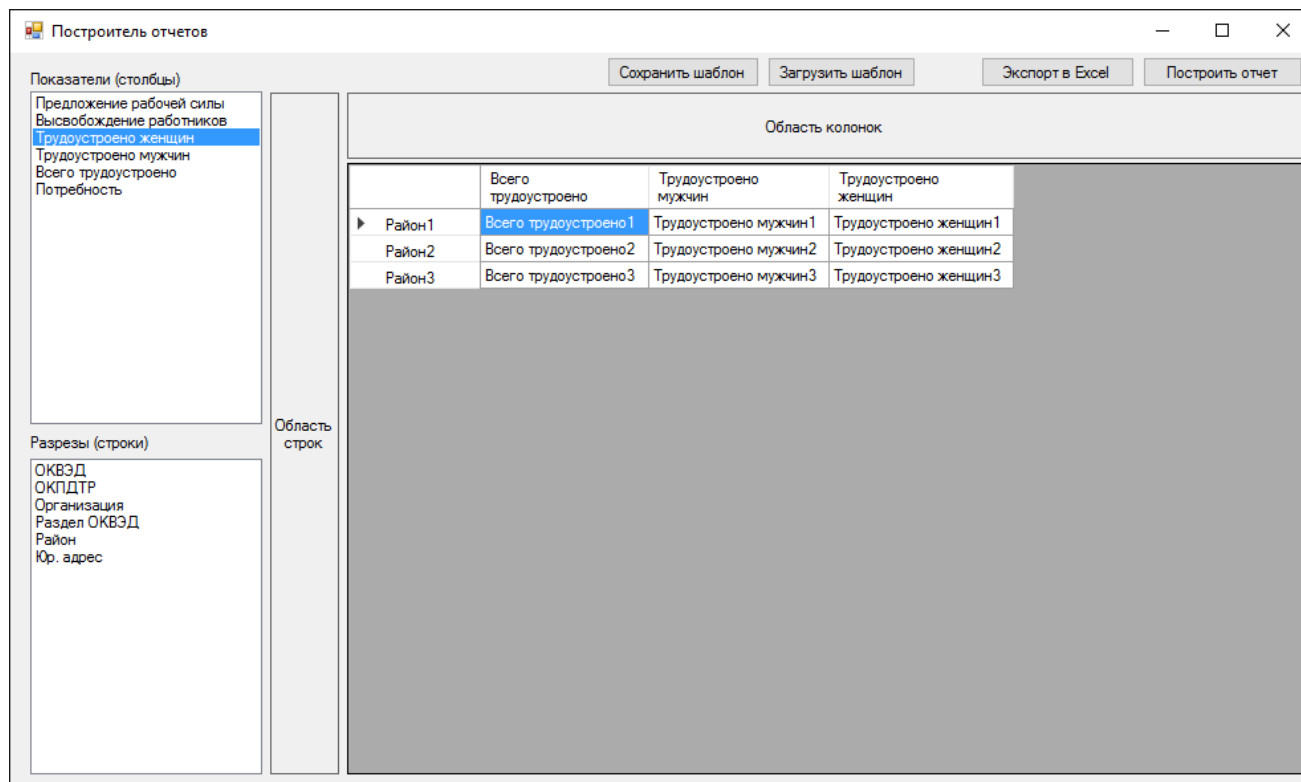


Рис. 5 – Интерфейс конструктора отчетов

Пользователь сам конструирует нужный вид отчета, выбирая из списка доступных полей базы данных нужные поля и перетаскивая их в нужный раздел конструктора.

В функциональность программного продукта включена возможность сохранения и загрузки макетов полученных пользователем отчетов. В качестве формата хранения настроенного шаблона отчета был выбран формат JSON [4]. Шаблон записывается в текстовый файл расширения .ps, в который заносятся значения всех выбранных пользователем наименований разрезов и показателей.

Сам макет представляется в виде объекта класса Preset, а процедура сохранения и загрузки макета реализована как сериализация и десериализация этого объекта в формат JSON. Макет хранит не только список имеющихся столбцов таблиц представления БД, доступных для построения отчета, но и их имена, а также саму форму отчета.

Если в таблицы БД системы будут добавлены новые столбцы, в макетах, которые содержат измененные таблицы, эти столбцы будут доступны для добавления в области данных тех макетов, которые содержат измененные таблицы. При этом изначально они будут представлены под теми названиями, под которыми они представлены в БД, однако их можно переименовать.

Таким образом, в рамках данной работы было разработано приложение, возможность интеграции с существующей информационной системой было проверено на системе мониторинга рынка труда. Подтверждена возможность получения OLAP-функциональности для базы данных, работающих под управлением сервера FireBird.

Список литературы / References

1. Барсегян А. А. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007 – 384 с.
2. Борри Х. Firebird: руководство разработчика баз данных / Х.Борри Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург – 2006. – 1104 с.
3. Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. Практическое руководство / К.Ларман – 3-е изд. – Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д.Вильямс» - 2013. – 736с.
4. Практическое руководство. Сериализация и десериализация данных JSON [Электронный ресурс] // Microsoft. URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb412179\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb412179(v=vs.110).aspx) (дата обращения: 15.09.2016);

Список литературы на английском языке / References in English

1. Barsegjan A. A. Tehnologii analiza dannyh: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP [Data Analysis Technologies: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP]/ A. A. Barsegjan, M. S. Kuprijanov, V. V. Stepanenko, I. I. Holod – 2-e izd., pererab. i dop. – SPb.: BHV-Peterburg, 2007 – 384 p. [in Russian]
2. Borrie H. Firebird: rukovodstvo razrabotchika baz dannyh [The Firebird Book: A Reference for Database Developers] / H.Borrie Per. s angl. – SPb.: BHV-Peterburg – 2006. – 1104 p. [in Russian]
3. Larman C. Primenenie UML 2.0 i shablonov proektirovaniya. Prakticheskoe rukovodstvo [Applying UML and Patterns]/ C.Larman – 3-e izd. – Per. s angl. – M.: ООО «I.D.Vil'jams» - 2013. – 736p. [in Russian]
4. Prakticheskoe rukovodstvo. Serializacija i deserializacija dannyh JSON [How to: Serialize and Deserialize JSON Data] // Microsoft. URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb412179\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb412179(v=vs.110).aspx) (accessed: 15.09.2016). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.067>

Сергеев М.Н.

ORCID: 0000-0002-3428-0288, Кандидат технических наук,

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева

ОБ УДВОЕНИИ ЧАСТОТЫ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ВИХРЕВОМ ЭЖЕКТОРЕ**Аннотация**

В работе рассмотрена проблема удвоения частоты звукового излучения, возникающего при работе прямооточного вихревого эжектора. Предлагается объяснение данного явления, согласно которому при распаде вихревого ядра возникают два спиральных вихря, расположенных диаметрально противоположно друг другу. Вихри совершают регулярное прецессионное вращательное движение и тем самым вызывают звукоизлучение удвоенной частоты. Приводятся также уточненные выражения для расчета частоты звука в зависимости от геометрических и режимных параметров работы эжектора.

Ключевые слова: звук, вихревой эжектор, прецессия, вихревое ядро, частота.

Sergeev M.N.

ORCID: 0000-0002-3428-0288, PhD in Engineering,

Rybinsk State Aviation Technical University named after P.A. Solovyov

ON SOUND VIBRATION FREQUENCY DOUBLING IN SWIRLING EJECTOR**Abstract**

The problem of doubling the frequency of sound radiation arising during the operation of a direct-flow swirling ejector pump is considered in the paper. The explanation of this phenomenon is proposed. According to it, the decomposition of the swirling core cause the rise of a swirling ejector pump, located diametrically opposite to each other. Swirling ejector pumps perform a regular precessional rotational motion and thereby cause a doubled frequency sound. Accurate expressions for the calculation of the sound frequency are given, depending on the geometric and operating parameters of the ejector.

Keywords: sound, swirling ejector pump, precession, swirling core, frequency.

Работа вихревых устройств, получивших широкое распространение в различных отраслях промышленности, сопровождается интенсивной генерацией звука [1, С. 1]. Особенно сильно это явление проявляется в вихревых эжекторах прямооточного типа (рис. 2). Это связано с тем, что конструкция такого устройства очень похожа на конструкцию вихревого генератора звука (рис. 2) [2, С. 777]. Действительно, и в той и в другой конструкция присутствуют вихревая камера и следующее за ней расширение в окружающую среду. В случае эжектора оно обычно ограничивается диффузором.

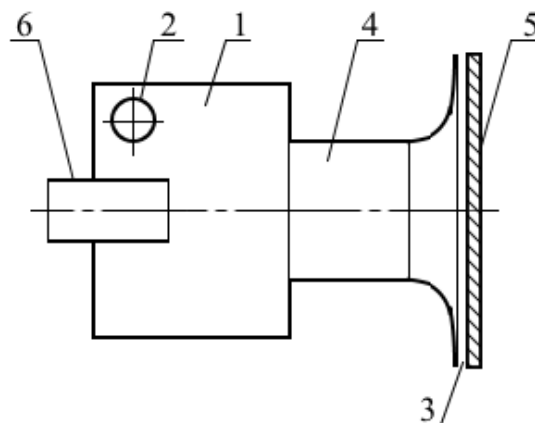


Рис. 1 – Схема конструкции прямооточного вихревого эжектора:

1 – вихревая камера; 2 – тангенциальный ввод; 3 – область расширения; 4 – камера смешения; 5 – диффузор, 6 – патрубок пассивного потока

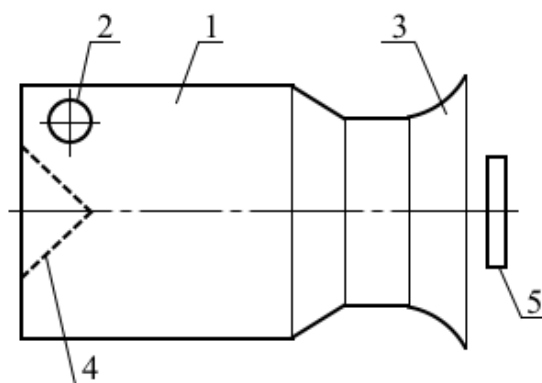


Рис. 2 – Схема конструкции вихревого генератора звука:

1 – вихревая камера; 2 – тангенциальный ввод; 3 – область расширения; 4 – конусная вставка; 5 – турболизатор

На рис. 2 показана простейшая конструкция вихревого генератора звука. Более сложные варианты, и в тоже время более эффективные по звукоизлучению, содержат дополнительные элементы. Так на торцевой стенке со стороны завихрителя устанавливают конусную вставку 4, которая способствует формированию приосевого вихря. Со стороны выхода из устройства может быть установлен турбулизатор 5 поступающего из атмосферы воздуха, что приводит к более активному взаимодействию потоков в области зоны рециркуляции.

Причиной возникновения акустических колебаний в вихревых генераторах звука считается прецессионное движение вихревого ядра закрученного потока [3, С. 9]. Схема такого движения показана на рис. 3 [4, С.159].

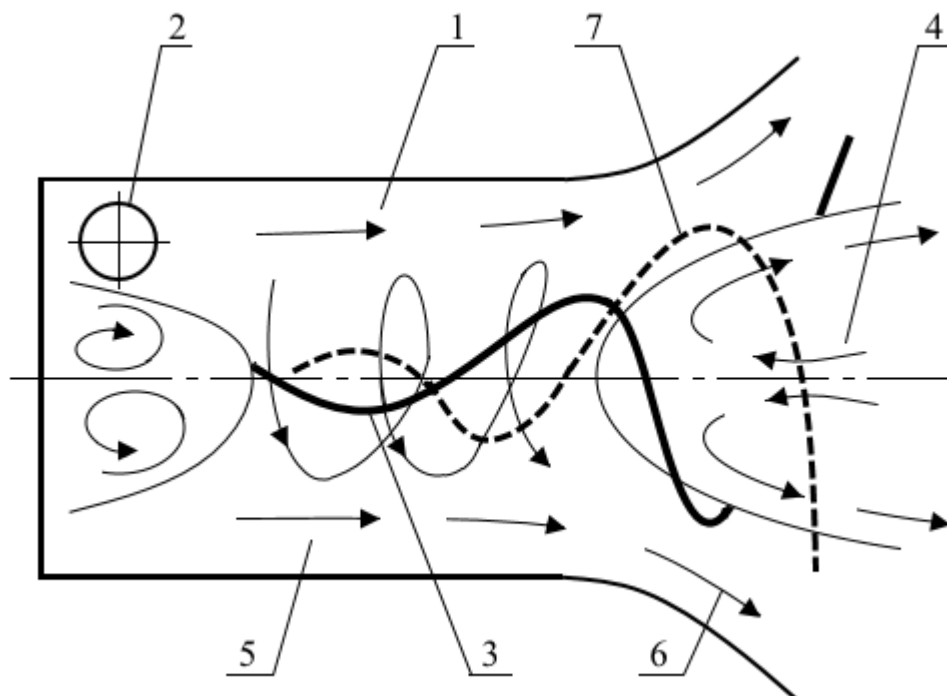


Рис. 3 – Схема течения газа в вихревом генераторе звука
 1 – вихревая камера; 2 – тангенциальный ввод; 3 – вихревое ядро;
 4 – зона рециркуляции; 5 – периферийный вихрь; 6 – область расширения;
 7 – дополнительная вихревая структура

Механизм звукообразования можно описать следующим образом. Газ поступает в вихревую камеру 1 через тангенциальный ввод 2, с помощью которого получает закрутку. В приосевой области при этом формируется вихревое ядро 3. Вследствие закрутки давление на оси вихревого устройства падает и в эту область устремляются массы газа из окружающей среды. Возникает обратный ток или зона рециркуляции 4. Вихревое ядро 3, двигаясь навстречу к зоне рециркуляции, взаимодействует с ней, испытывает торможение и в результате смещается относительно оси, совершая вокруг нее вращательное движение [4, С. 158].

При этом создаются периодические пульсации давления, которые и распространяются далее в виде звуковых волн. Возникающее таким образом движение называют прецессионным, потому что его физическая природа связана с гироскопическим эффектом, аналогичным прецессионному движению волчка. Вынуждающий такое движение момент сил связывают при этом с аэродинамической силой, возникающей при обтекании вращающимся потоком смещенного вихревого ядра (эффект Магнуса).

В работе [5, С. 201–203] изучались подобные колебания, возникающие непосредственно в вихревом эжекторе. Особенностью полученных результатов является то, что при переходе через определенное значение давления воздуха на входе в эжектор главная мода акустических колебаний испытывает скачок по частоте ровно в два раза (рис. 4).

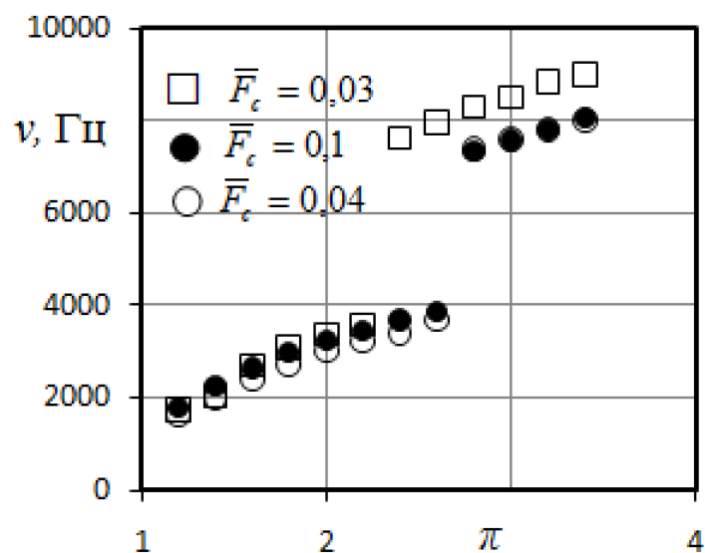


Рис.4 – Результаты исследования акустических характеристик работы вихревого эжектора

Объяснить данное явление можно следующим образом. При взаимодействии с возвратным течением приосевой вихрь или ядро теряет устойчивость, но при этом оно может и не отклоняется от оси вращения, а пойти по пути развала на два спиральных вихря, расположенных диаметрально противоположно друг другу (рис. 3).

Далее эти вихри совершают регулярное прецессионное вращательное движение, периодически деформируя периферийный закрученный поток и тем самым вызывая звукоизлучение удвоенной частоты. Двойной распад приосевого вихря наблюдался экспериментально [6, С. 117]. На рис.5 представлено схематическое изображение результата опытов по визуализации потока вращающейся жидкости с такого рода распадом.

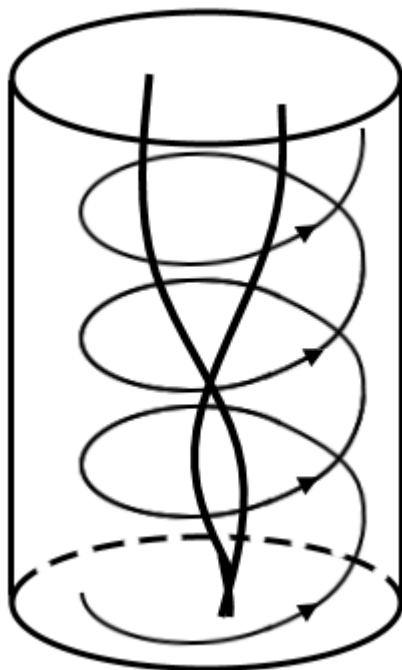


Рис. 5 – Распад вихревого ядра на две вихревые нити

Анализ экспериментальных данных, проведенный в работе [5, С. 202] позволил получить эмпирическое соотношение для частоты возникающих в вихревом эжекторе колебаний, в виде критериального уравнения:

$$\text{Sh} = \frac{0,38 \cdot (\pi - 1)^{0,38}}{M}, \quad (1)$$

где $\text{Sh} = vD/u$ – число Струхала, рассчитанное по скорости потока u в сопловом вводе, диаметру вихревой камеры D и частоте звука v ; $M = u/c$ – число Маха на входе в сопловой ввод, c – скорость звука, $\pi = P/P_a$ – перепад давления на входе в эжектор по отношению к давлению атмосферы.

По всей видимости, формула вида (1) является обоснованной для прямоструйных излучателей, где частота звука напрямую зависит от скорости истечения струи и, как следствие, пропорциональна значению величины $(\pi - 1)^{0,5}$.

В вихревых же устройствах существенную роль играет величина зона рециркуляции и поток газа, определяемый степенью разряжения на оси вихря, что в формуле (1) ни как не учитывается. Главным недостатком формулы (1) является также и то, что она не отражает влияния геометрических параметров конструкции эжектора на частоту звука.

Основным геометрическим параметром вихревого эжектора является площадь сечения соплового ввода F_c . Другие геометрические характеристики эжектора, к которым относится диаметр вихревой камеры D , диаметр камеры смещения d , а также длины этих камер L и s соответственно, практически всегда выбираются из условия $D/d = 2$, $L/D = s/d = 1$. Стоит отметить, что с точки зрения теории подобия и размерностей также не вполне корректно выражать один определяемый параметр – число Струхала Sh – через другой определяемый параметр – число Маха M .

Таким образом, система безразмерных величин определяющих процесс прецессионных колебаний должна включать в себя безразмерную частоту $Sh = vD/c$, перепад давления π , и площадь безразмерную соплового ввода, отнесенную к площади сечения вихревой камеры, $f_c = F_c/(\pi D^2/4)$.

В результате искомое критериальное уравнение примет вид:

$$Sh = a \cdot (f_c)^b \cdot (\pi - 1)^{0,5} \quad (2)$$

Используя метод наименьших квадратов и данные, приведенные в работе [5, С. 202], получаем следующие значения искомых коэффициентов: $a = 0,35$; $b = 0,034$; $c = 0,4$ для диапазона давлений до скачка частоты и, соответственно, $a = 0,62$; $b = 0,077$; $c = 0,32$ после скачка частоты.

Полученное уравнение (2) согласуется с экспериментальными данными с погрешностью не превышающей 2%. Пределы применимости критериального уравнения (2) соответствуют $0,03 < f_c < 0,1$; $1,2 < \pi < 3,5$, переход на удвоенную частоту происходит при $\pi = 2,4 - 2,6$.

Как видно из полученных данных влияние f_c на частоту звука после скачка частоты существенно возрастает, в то время как при малых перепадах давления этим влиянием вообще можно пренебречь.

В заключение следует отметить, что для того, чтобы однозначно установить причину удвоения частоты колебаний в вихревом прямоточном эжекторе и доказать её связь с прецессионными колебаниями вихревого ядра, необходимо провести детальное экспериментальное исследование структуры закрученного потока. Так, например, при установке акустических датчиков в диаметрально противоположных точках вихревой камеры при распаде вихревого ядра на две вихревые нити следует ожидать поступление от датчиков сигнала в фазе, а при одиночном вихре будет иметь место корреляция сигналов в противофазе. Изучение данного явления помимо научного интереса важно также и с практической точки зрения, так как оно напрямую связано с разработкой и производством работающих на этом принципе счетчиков расхода и вихревых сирен.

Список литературы / References

1. Кныш Ю.А. Автоколебания в закрученных струях. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2006. – 248 с.
2. Кныш Ю.А. Лукачев С.В. Экспериментальное исследование вихревого генератора звука // Акустический журнал. – 1977. – Т.23, №5. – С. 776–782.
3. Киясбейли А.Ш., Перельштейн М.Е. Вихревые измерительные приборы. – М.: «Машиностроение», 1978. – 152 с.
4. Вихревой эффект и его применение в технике. // Материалы 5 Всесоюзной научно-технической конференции. – Куйбышев: КуАИ, 1988. – 248 с.
5. Иванов Р. И., Пиралишвили Ш. А., Сергеев М. Н. Экспериментальное исследование акустических колебаний в вихревом эжекторе // Вестник РГТУ имени П.А. Соловьева. – 2011. – №2(20). – С. 201–204.
6. Алексеенко С.В., Окулов В.Л. Закрученные потоки в технических приложениях // ТИА. – 1996. – Т. 3, №2. – С. 101–137.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Knysh Yu.A. Avtokolebaniya v zakruchennyh struyah [Self-oscillations in the twirled streams]. – Samara: Izd-vo Samarskogo nauchnogo centra RAN [Samara scientific center of RAS], 2006. – 248 P. [in Russian]
2. Knysh Yu.A. Lukachev S.V. Eksperimental'noe issledovanie vihrevogo generatora zvuka [The experimental study of the vortex generator of a sound] // Akusticheskij zhurnal. – 1977. – Т.23, №5. – P. 776–782. [in Russian]
3. Kiyasbejli A.SH., Perel'shtejn M.E. Vihrevye izmeritel'nye pribory. [Vortex measuring apparatuses] – М.: «Mashinostroenie», 1978. – 152 P. [in Russian]
4. Vihrevoj ehffekt i ego primeneniye v tekhnike [Vortex effect and its application in technique] // Materialy 5 Vsesoyuznoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. [Proceedings of the fifth All-Union scientific and technical conference] – Kujbyshev: KuAI, 1988. – 248 P. [in Russian]
5. Ivanov R. I., Piralishvili SH. A., Sergeev M. N. Eksperimental'noe issledovanie akusticheskikh kolebanij v vihrevom ehzhektore [Pilot study of acoustic oscillations in a vortical ejector] // Vestnik RGATU imeni P.A. Solov'eva [The P. A. Solovyov RGATU bulletin]. – 2011. – №2(20). – P. 201–204. [in Russian]
6. Alekseenko S.V., Okulov V.L. Zakruchennye potoki v tekhnicheskikh prilozheniyah [The twirled streams in technical appendices] // TIA. – 1996. – V.3, №2. – P. 101–137. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.096>Софронов М.А.¹, Валеев С.И.²¹Магистр,²Кандидат технических наук, доцент,

Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ЕМКОСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ**Аннотация**

В работе осуществлён обзор работоспособности сосудов и аппаратов, которые подвержены влиянию дефектов, расположенных на поверхности конструктивных элементов. При помощи стандартных методик и уравнений был произведён прочностной анализ сосуда, имеющего дефекты типа вмятины с определёнными размерами на корпусе и днище. Было установлено, что при рабочих параметрах функционирования ёмкости, наличие данных вмятин не вызывает изменения формы сосуда и его разрушения. Но для безопасной эксплуатации ёмкости необходимо проведение ежегодного неразрушающего контроля зон вмятин с целью выявления их развития.

Ключевые слова: ёмкость, вмятина, напряжения, риск аварии.

Sofronov M.A.¹, Valeev S.I.²¹Postgraduate student,²PhD in Engineering, Associate professor,

Kazan National Research Technological University

ESTIMATION OF VESSELS RELIABILITY UNDER SURFACE DEFECTS**Abstract**

The paper presents a review of performance of vessels and devices affected by defects located on the surface of structural elements. The strength analysis of the vessel having defects of the dent type with certain dimensions on the body and bottom is conducted using standard techniques and equations. It is found that under the operating parameters of the vessel, the presence of these dents does not cause a change in the shape of the vessel and does not lead to its destruction. But for the safe operation of the vessel, it is necessary to conduct an annual nondestructive inspection of the dent zones in order to identify their development.

Keywords: vessel, dent, stress, risk of accident.

Российская Федерация является одной из ведущих промышленно развитых держав мира, лишь в одном Татарстане насчитывается около полутора тысяч предприятий промышленности, являющихся опасными производственными объектами. Технические устройства (сосуды, трубопроводы, аппараты и т.д.), в большом количестве расположенные в каждом предприятии, представляют собой опасные производственные объекты. Следовательно, важнейшей задачей является сохранение их работоспособности и предотвращение возникновения аварий. Но, к сожалению, как бы ни старались предприятия свести риски к минимуму, аварии все равно возникают. Как правило, это происходит из-за различных дефектов в металле корпуса и сварных швах [1], [2]. Около 10% из этих видов занимают поверхностные дефекты деформационного происхождения в виде вмятин [1], [3].

Одним из способов выявления работоспособности и состояния производственного оборудования служит техническое диагностирование. Техническое диагностирование-это обследование технического устройства, работающего на опасном производственном объекте или являющегося им, с целью установления его технического состояния. Как правило, это выявление повреждений, дефектов, определение изношенности устройства, установление соответствия условий эксплуатации устройства с его функциональным назначением.

Техническое диагностирование является одним из наиболее действенных средств обеспечения надежности. Вначале проводится визуально-измерительный контроль для установления поверхностных дефектов (царапин, вмятин, выпучин и т.д.), нарушения теплоизоляции, антикоррозионного покрытия. После визуально-измерительного контроля техническое устройство проверяют неразрушающими методами контроля при помощи специальных измерительных приборов, позволяющих установить соответствие или отклонение значений параметров действующего устройства с заданными в нормативных документах.

В процессе проведения экспертизы промышленной безопасности технических устройств техническое диагностирование оборудования составляет первое звено в цепи анализа.

Техническое диагностирование в составе экспертизы промышленной безопасности проводится [1]:

- после завершения установленного периода эксплуатации;
- по истечении рассчитанного ресурса;
- в случае эксплуатации технического устройства при параметрах, превышающих установленные заводом изготовителем, а также при эксплуатации оборудования после устранения аварии;
- если период эксплуатации оборудования превысил значение в 20 лет, а также при отсутствии какой-либо информации, показывающей назначенный ресурс или срок службы

К опасным производственным объектам предъявляются определенные нормы и требования, удовлетворяет их объект или нет, устанавливает экспертиза промышленной безопасности.

Под вмятиной понимается дефект поверхности элемента оборудования в виде локального пологого углубления, возникшего в результате механического взаимодействия с твердым телом, при этом сплошность металла поверхности повреждаемого элемента не нарушается [4]. Вмятина описывается характерным размером - глубиной, представляющей собой наибольшее смещение поверхности вмятины от своего положения до деформации.

Наиболее распространенным видом технических устройств на промышленных предприятиях являются сосуды и аппараты. Влияние вмятин на прочность сосудов и аппаратов было рассмотрено в статье [5], где показано, что работоспособность аппарата нарушается при повышении давления на 10% выше давления текучести. При этом в аппарате возникают необратимые изменения формы, что неизбежно приводит к разгерметизации присоединенной аппаратуры. При сравнении работоспособности двух одинаковых аппаратов, один с вмятиной, а другой нет, было показано, что вмятина на несущую способность аппарата не влияет.

В статье [6] было установлено, что при статическом нагружении сосуда с вмятиной, внутренним рабочим давлением, его прочность не снижается по сравнению с аппаратом, не имеющими вмятины.

Необходимо отметить, что расчеты, проведенные в данных работах, справедливы при размерах вмятин, попадающих под рамки нормативно-технической документации. А что же делать, если вмятины гораздо больше нормативно допустимых размеров?

Так при экспертизе промышленной безопасности цилиндрического сосуда, изготовленного из материала 12X18H10T, внутренним диаметром 2400 мм, толщиной обечайки $s = 25$ мм, днищ $s = 16$ мм были выявлены круговые вмятины на обечайке глубиной 15 мм, радиус 40 мм; на днище глубиной 10 мм радиус 30 мм. Сосуд работает при внутреннем избыточном давлении 6 МПа, температура рабочей среды $+20^{\circ}\text{C}$.

При обнаружении вмятин для каждого деформационного участка сосуда необходимо произвести:

- измерение размеров участка и фактической величины прогиба (допустимы или нет);
- осмотр наружной и внутренней поверхностей, установить по возможности причины образования дефекта;
- замеры толщины стенки металла в месте максимальной стрелы прогиба или на дефектной поверхности по квадратной сетке с размером, назначенным экспертом, производящим экспертизу промышленной безопасности, и на бездефектном участке основного металла для сравнения результатов;
- замеры твердости металла с наружной или внутренней поверхности в зоне максимальной стрелы прогиба, сравнив их с твердостью измеренной на бездефектном участке основного металла;
- проверку правильности геометрической формы обечайки корпуса с оценкой степени его овальности;
- неразрушающий контроль деформированного участка, в данном случае цветным методом, на предмет обнаружения поверхностных дефектов;
- при необходимости исследование микроструктуры металла неразрушающим методом путем снятия реплик (оттисков) на наружной (внутренней) поверхности на дефектном и на бездефектных участках для сравнения результатов или исследование микроструктуры металла на шлифах по срубам;
- при необходимости провести контрольную вырезку металла для исследования химического состава, физико-механических свойств и структуры металла;

Согласно [4], выясним, являются ли данные деформационные дефекты допустимыми:

Так как вмятины на обечайке и днище геометрически правильной формы, то примем условие: $m = n = r_{\delta} * 2$.

Для обечайки: $\left(\frac{\delta}{m}\right) * 100 = \left(\frac{15}{80}\right) * 100 = 18.75 \%$

Для днища: $\left(\frac{\delta}{m}\right) * 100 = \left(\frac{10}{60}\right) * 100 = 16.7 \%$

Видно, что размеры вмятин не попадают под нормативы, поэтому необходимо дополнительно оценить возможность дальнейшей безопасной эксплуатации сосуда с дефектами деформационного происхождения.

Проведем проверку прочности обечайки и днища с поверхностными дефектами при нагружении внутренним избыточным давлением согласно [7].

Условие прочности выглядит следующим образом:

$$\sigma_{\max} \leq 3\varphi[\sigma],$$

$$\sigma_{\max} = \alpha_{\sigma}\sigma_n$$

где $\varphi = 0.9$ – коэффициент прочности сварных соединений;

$[\sigma] = 184 \text{ МПа}$ – допускаемое напряжение материала обечайки и днища при $t = 20^{\circ}\text{C}$;

σ_n – номинальные напряжения, МПа;

α_{σ} – коэффициент концентрации;

Номинальное напряжение вычисляют по формулам:

- для цилиндрической обечайки:

$$\sigma_n = \frac{pD}{2(s - c)} = \frac{0.6 \cdot 10^6 \cdot 2.4}{2(0.025 - 0.002)} = 31.3 \text{ МПа}$$

- для выпуклого днища:

$$\sigma_n = \frac{pR_p}{2(s - c)} = \frac{0.6 \cdot 10^6 \cdot 1.2}{2(0.016 - 0.002)} = 25.7 \text{ МПа}$$

где $R_p = 1200$ мм – радиус кривизны выпуклого днища в зоне вмятины.

Коэффициент концентрации вычисляют по формуле:

$$\alpha_a = 1 + B \left(\frac{\delta}{s} \right)^m$$

тогда:

- для корпуса:

$$\alpha_{\sigma} = 1 + 1.207 \left(\frac{0.0141}{0.025} \right)^{0.394} = 1.963$$

- для днища:

$$\alpha_{\sigma} = 1 + 1.53 \left(\frac{0.0095}{0.016} \right)^{0.289} = 2.32$$

Отсюда следует, что при круговой вмятине максимальное напряжение равно:

- для обечайки:

$$\sigma_{\max} = 1.963 \cdot 31.3 = 61.45 \text{ МПа},$$

- для днища:

$$\sigma_{\max} = 2.32 \cdot 25.7 = 59.6 \text{ МПа}.$$

Получим условия прочности:

- для цилиндрической обечайки:

$$165.92 \leq 184 \text{ МПа};$$

- для выпуклого днища:

$$160.11 \leq 184 \text{ МПа}.$$

Из расчетов видно, что максимальные напряжения для обечайки и днища с вмятинами меньше допустимого напряжения для стали 12X18H10T – материала сосуда, а значит наличие вмятин на поверхности представленных конструктивных элементов не приведут к механическим разрушениям. При принятии решения об условиях и сроке дальнейшей эксплуатации были разработаны мероприятия, позволяющие повысить безопасность сосуда, например ежегодный неразрушающий контроль зон вмятин на предмет их развития, что и было сделано в данном случае.

Список литературы / References

1. Валеев С.И., Понииков С.И. Техническая диагностика. Казан.нац.исслед.технол.ун-т.-Казань: Изд-во Академия наук РТ, 2015.-124 с.
2. Валеев С.И., Ларин А.А.. Исследование структуры металла оборудования длительное время находящегося в эксплуатации // В сборнике: Перспективы развития науки и образования Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 13 томах. Тамбов. Часть 3. 2015.С.28-30.
3. Ивасишина Ю.Б., Валеев С.И. Безопасная эксплуатация линзовых компенсаторов с дефектами формы // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17, № 9, с.237-238.
4. СО 153-34.17.439-2003 Инструкция по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением- СПО ОРГРЭС, 2003.- 23 с.
5. Кантор Б.Я., Шупиков А.Н., Онацкий Р.Л. Разрушение цилиндрической оболочки в зоне вмятины по действием внутреннего давления // Вестник НТУ «ХПИ». – 2012.- 7 с.
6. Кантор Б.Я., Долинский В.М., Онацкий Р.Л. Влияние вмятин на несущую способность сосудов//Вестник НТУ «ХПИ».- 2010.- 99 с.
7. ГОСТ Р 52857.11-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Метод расчета на прочность обечайек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечайек».

Список литературы на английском языке / References in English

1. Valeev S.I., Ponikarov S.I. Tehnicheskaja diagnostika [Technical diagnostics. Kazan National Research Technological University.-Kazan: Edition of RT science academy], 2015.-124 p. [in Russian]
2. Valeev S.I., Larin A.A.. Issledovanie struktury metalla oborudovanija dlitel'noe vremja nahodjashhegosja v jekspluatácii [Metal structure study of equipment for a long time in operation // In collection: Perspectives of development of science and education. Collection of scientific works on the materials of the International scientific-practical conference in 13 volumes]. Tambov. Part 3. 2015.P.28-30. [in Russian]
3. Ivasishina Ju.B., Valeev S.I. Bezopasnaja jekspluatacija linzovyh kompensatorov s defektami formy [Safe operation of lens compensators with defects of the shape // Bulletin of the Kazan technologic university]. 2014. V. 17, № 9, p.237-238. [in Russian]
4. SO 153-34.17.439-2003 Instrukcija po prodleniju sroka sluzhby sudov, rabotajushhih pod davleniem [Instructions to extend the service life of vessels, working under pressure] - SPO ORGRJeS, 2003.- 23 p. [in Russian]
5. Kantor B.Ja., Shupikov A.N., Onackij R.L. Razrushenie cilindricheskoj obolochki v zone vmjatiny po dejstviem vnutrennego davlenija [The destruction of a cylindrical shell in the region of the dent by internal pressure // Bulletin of the NTU «HPI»]. – 2012. - 7 p. [in Russian]
6. Kantor B.Ja., Dolinskij V.M., Onackij R.L. Vlijanie vmjatin na nesushhuju sposobnost' sudov [Influence of dents on the load bearing capacity of vessels // Bulletin of the NTU «HPI»]. – 2010. - 99 p. [in Russian]
7. GOST R 52857.11-2007 «Sosudy i apparaty. Normy i metody rascheta na prochnost'. Metod rascheta na prochnost' obechajek i dnishh s ucheto smeshhenija kromok svarnyh soedinenij, uglovatosti i nekruglosti obechajek» [“Vessels and apparatus. Norms and methods of strange calculation. Method of strange calculation of shells and heads according to weld misalignment, angular misalignment and shell non roundness”]. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.172>

Тронеv С.В.

Кандидат технических наук,

Волгоградский государственный аграрный университет

ОЦЕНКА ЗАГРУЗКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ХЛЕБНОЙ МАССОЙ**Аннотация**

Предложено оценить загрузку рабочих органов молотилки зерноуборочного комбайна с помощью коэффициента вариации и формы распределения потерь зерна по ширине обмолоченного вала. Для проведения полевых экспериментов разработан экспресс-метод определения потерь зерна за зерноуборочным комбайном и оригинальные измерительные средства. При допустимом уровне потерь зерна за молотилкой (1,5 %) зерноуборочного комбайна РСМ-101 «Вектор - 410» коэффициент вариации распределения потерь зерна озимой пшеницы за молотилкой по ширине обмолоченного вала составляет 35,8 %, а ячменя – 39,0 %. Форма распределения потерь зерна по ширине обмолоченного вала показывает, что максимальное количество хлебной массы проходит в центральных зонах рабочих органов молотилки.

Ключевые слова: загрузка, рабочий орган, зерноуборочный комбайн.

Tronev S.V.

PhD in Engineering,

Volgograd state agrarian University

EVALUATION OF LOADING WORKING BODIES OF A COMBINE HARVESTER WITH BREAD MASS**Abstract**

It is proposed to evaluate the loading of the working body of a combine harvester with the help of a variation coefficient and the form of grain loss distribution along the width of the threshed roll. We developed a rapid method for determining grain loss at a combine harvester and original measuring tools to conduct field experiments. At an allowable level of grain loss behind the hammer mill (1.5%) of a combine harvester RSM-101 "Vector-410," the variation coefficient in the distribution of winter wheat grain loss behind threshed rolls is 35.8% and that of barley 39.0%. The form of grain loss distribution along the width of the threshed roll shows that the maximum amount of bread mass passes in the central zones of the working body of the threshers.

Keywords: loading, working body, combine harvester.

Важным направлением повышения производства зерна является обеспечение оптимизации технологических процессов комбайновой уборки зерновых культур. Поэтому научные исследования направлены на изучение технологических процессов, протекающих в зерноуборочном комбайне. Во время работы зерноуборочного комбайна важным является информация о загрузке рабочих органов молотилки хлебной массой, необходимая для анализа и оптимизации технологических процессов. В работах [1, 4, 6 и 7] отмечено, что основные технологические процессы на рабочих органах молотилки зерноуборочного комбайна протекают с существенной неравномерностью потоков хлебной массы. Неравномерность подачи хлебной массы ухудшает протекание технологических процессов обмолота и сепарации на рабочих органах молотилки. Существующие ранее методы основаны на определении неравномерности потока хлебной массы, поступающей в молотильный аппарат зерноуборочного комбайна [2 и 3]. При этом оценка загрузки рабочих органов молотилки хлебной массой по распределению потерь зерна по ширине обмолоченного вала не проводилась.

Учеными Волгоградского ГАУ разработан экспресс-метод определения потерь зерна за зерноуборочным комбайном [5], позволяющий оценить загрузку рабочих органов молотилки зерноуборочного комбайна хлебной массой. Для определения потерь зерна за молотилкой применяются резиновые коврики с габаритными размерами 750х750х20 мм.

Перед измерением потерь зерна необходимо определить ширину захвата жатки-хедера зерноуборочного комбайна. Распределение потерь зерна за молотилкой по ширине обмолоченного вала определяется при допустимом уровне потерь зерна за молотилкой 1,5 %.

При определении потерь зерна за молотилкой перед проходом зерноуборочного комбайна на неубранном участке поля делается прокос прямоугольной формы шириной 750 мм и длиной – равной ширине захвата жатки-хедера зерноуборочного комбайна. Причем, прокос выполняется перпендикулярно к предполагаемому направлению движения зерноуборочного комбайна. На место укладываются резиновые коврики, обеспечивая закрытие прокоса по всей длине и ширине. В каждом опыте устанавливается три ряда ковриков для обеспечения точности экспериментальных исследований. Первый ряд ковриков в опыте устанавливается в любом месте прохода (после выхода зерноуборочного комбайна в установившийся режим работы), второй и третий – на расстоянии 50 м от предыдущего.

Взвешиванием определяется общая масса культурных и сорных растений над соответствующей линией среза режущего аппарата жатки-хедера. Затем из всех колосков срезанных растений вымолачивают вручную зерна и определяется массу зерна Z_a в прокосе. Фактическая ширина захвата жатки-хедера зерноуборочного комбайна b_ϕ определяется путем измерения рулеткой расстояния до нескошенного хлебостоя перед и после прохода зерноуборочного комбайна.

Расчетное значение потерь зерна за молотилкой q_m определяется по формуле

$$q_m = \frac{m_m \cdot l_{пр}}{b_\phi}, \quad (1)$$

где m_m – масса целого и дробленого зерна с резиновых ковриков, г; $l_{пр}$ – длина прокоса, м; $b_{ф}$ – фактическая ширина захвата жатки-хедера зерноуборочного комбайна, м.

Массовая доля потерь зерна за молотилкой Δq_m , %, вычисляется по формуле

$$\Delta q_m = \frac{100 \cdot q_m}{Z_a}, \quad (2)$$

где q_m – потери зерна за молотилкой, г; Z_a – масса зерна в прокосе, г.

Распределение потерь зерна за молотилкой зерноуборочного комбайна по ширине обмолоченного валка определяется следующим образом. При работе зерноуборочного комбайна солома и полова выбрасывается в валок без измельчения, для чего отключается измельчитель. Обмолоченный валок на резиновых ковриках разрезается на четыре равные части по его ширине. Ширина части выбиралась равной размеру зоны сепарации молотилки зерноуборочного комбайна РСМ-101 «Вектор - 410». Определяется масса потерь зерна в каждой выбранной зоне и рассчитывается коэффициент вариации распределения потерь зерна за молотилкой по ширине обмолоченного валка v_m по следующему выражению:

$$v_m = \frac{1}{\bar{m}_{mi}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^t (m_{mi} - \bar{m}_{mi})^2}{t-1}}, \quad (3)$$

где \bar{m}_{mi} – среднеарифметическое значение массы потерь зерна за молотилкой в i -ой зоне по ширине обмолоченного валка, кг/с; m_{mi} – значение массы потерь зерна за молотилкой в i -ой зоне по ширине обмолоченного валка, кг/с; t – число, на которые разделен обмолоченный валок.

Так как коэффициент вариации распределения потерь зерна за молотилкой по ширине обмолоченного валка v_m показывает только величину разброса относительно средней величины, поэтому необходимо еще учитывать форму распределения. Для удобства представления формы распределения рассчитывается массовая доля потерь зерна в зоне Δm_{ii} по формуле

$$\Delta m_{mi} = \frac{m_{mi}}{\bar{m}_{mi}} 100\% \quad (4)$$

Определение потерь зерна за молотилкой зерноуборочного комбайна РСМ-101 «Вектор - 410» проводилось на полях со следующими основными характеристиками убираемой культуры (таблица 1).

Таблица 1 – Основные характеристики убираемой культуры

№ п/п	Показатель	Культура	
		Озимая пшеница	Ячмень
1	Урожайность, ц/га	35,1	24,2
2	Отношение массы зерна к массе соломы	1:1,3	1:1,25

С помощью экспресс-метода на уборке озимой пшеницы и ячменя определялись режимы работы зерноуборочного комбайна РСМ-101 «Вектор - 410», соответствующие допустимому уровню потерь за молотилкой (1,5 %). По результатам экспериментов рассчитывались показатели оценки загрузки рабочих органов молотилки зерноуборочного комбайна (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели оценки загрузки рабочих органов молотилки зерноуборочного комбайна

№ п/п	Наименование показателя	Культура	
		озимая пшеница	ячмень
1	Коэффициент вариации распределения потерь зерна за молотилкой по ширине обмолоченного валка, %	35,8	39,0
2	Массовая доля потерь зерна за молотилкой в зоне по ширине обмолоченного валка, %:		
	1	19,1	18,4
	2	32,1	31,9
	3	33,2	34,7
	4	15,6	15

Из данных таблицы 2 следует, что неравномерная загрузка рабочих органов молотилки хлебной массой по ширине выражается высоким значением коэффициента вариации распределения потерь зерна озимой пшеницы и ячменя за молотилкой по ширине обмолоченного валка.

Для определения формы распределения потерь зерна по ширине обмолоченного валка выполнен рисунок 1. На оси абсцисс указан номер зоны, а ординат – значение массы потерь зерна за молотилкой в i -ой зоне по ширине обмолоченного валка.

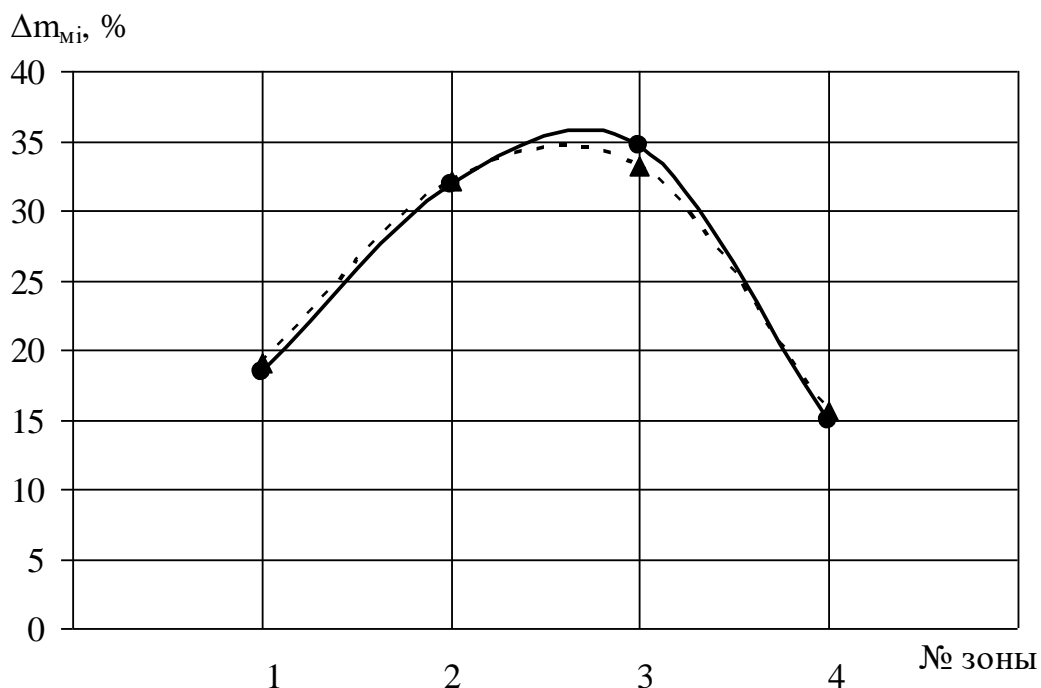


Рис. 1 – Распределение потерь зерна озимой пшеницы (---▲---) и (—●—) ячменя за молотилкой зерноуборочного комбайна РСМ-101 «Вектор - 410» в зонах по ширине обмолаченного валка

Из формы распределения потерь зерна по ширине обмолаченного валка (рисунок 1) следует, что максимальное количество хлебной массы проходит в центральных зонах рабочих органов молотилки.

В серийной конструкции зерноуборочного комбайна РСМ-101 «Вектор - 410» не учитываются особенности движения хлебной массы в зонах рабочих органов, что приводит к высокой неравномерности распределения потерь зерна озимой пшеницы и ячменя за молотилкой по ширине обмолаченного валка. Соответственно необходимо внести конструктивные изменения рабочих органов, которые будут учитывать особенности движения хлебной массы, а также способствовать повышению равномерности подачи хлебной массы в зерноуборочном комбайне.

Список литературы / References

1. Бердышев, В.Е. Влияние неравномерности подачи вороха на качество работы очистки зерноуборочного комбайна/ В.Е. Бердышев// Земледельческая механика. Сборник научных трудов МИИСП. Том XVII, М.: – 1980. – С. 78-82.
2. Егоров, В.Г. Подача слоя хлебной массы молотильное пространство комбайна/ В.Г. Егоров// Сельскохозяйственные машины. Сборник научных трудов МИИСП. Том IX, выпуск 1, часть 1, М.: – 1972. – С. 93-96.
3. Захаров, В.А. Метод оценки загрузки рабочих органов зерноуборочных комбайнов технологическим материалом/ В.А. Захаров// Технические средства для обеспечения интенсивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. Сборник научных трудов МИИСП, М.: – 1989. – С. 97-100.
4. Ловчиков, А.П. Техничко-технологические основы совершенствования зерноуборочных комбайнов с бильным молотильным аппаратом. – Ульяновск: Зебра, 2016. – 111 с.
5. Пат. 2453101 РФ, МПК A01D 41/127, МПК A01D 75/00. Способ определения потерь зерна комбайном / А.И. Ряднов, С.В. Тронева, И.П. Скворцов, А.П. Стенковой; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО ВГСХА. – № 2011101320/13; заявл. 13.01.11 ; опубл. 20.06.12, Бюл. № 17.
6. Ряднов, А. И. Способ повышения равномерности загрузки системы очистки зерноуборочного комбайна/ А. И. Ряднов, С. В. Тронева, И. П. Скворцов // Интеграция науки в производство – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве. 30 января-01 февраля 2013 года. – Волгоград. – Том 5. – С. 152-156.
7. Шорохов, Ю.Г. Влияние выравнивания поточной хлебной массы на работу молотильно-сепарирующего устройства/Ю.Г. Шорохов, А.В. Авдеев// Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора К. Г. Колганова, 7-9 сентября 2006 года. – Челябинск: ЧГАУ, 2006 – С. 185-193.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Berdyshev V.E. Vliyanie neravnomernosti podachi voroha na kachestvo raboty ochistki zernouborochnogo kombajna [The impact of uneven flow heap on the quality of cleaning Harvester] / V.E. Berdyshev// Zemledel'cheskaja mehanika. Sbornik nauchnyh trudov MIISP. Tom XVII, Moscow [Agricultural Mechanics. Collection of scientific works MIISP. Vol. XVII]. – 1980. – P. 78-82. [in Russian]
2. Egorov, V.G. Podacha sloja hleboj massy molotil'noe prostranstvo kombajna [Feeding a layer of grain mass of the threshing space of the combine] / V.G. Egorov// Sel'skohozjajstvennye mashiny. Sbornik nauchnyh trudov MIISP. Tom IX, vypusk 1, chast' 1, Moscow [Agricultural Mechanics. Collection of scientific works MIISP. Vol. IX] – 1980. – P. 93-96. [in Russian]
3. Zaharov V.A. Metod ocenki zagruzki rabochih organov zernouborochnyh kombajnov tehnologicheskim materialom [Method of estimation download process material working bodies combine harvesters]/ V.A. Zaharov// Tehnicheskie sredstva

dlja obespechenija intensivnyh tehnologij vzdelyvanija i uborki sel'skohozhajstvennyh kul'tur. Sbornik nauchnyh trudov MIISP, Moscow [Technical means to provide intensive technologies of cultivation and harvesting of crops. Collection of scientific works MIISP]. – 1989. – P. 97-100. [in Russian]

4. Lovchikov A.P. Tehniko-tehnologicheskie osnovy sovershenstvovaniya zernouborochnykh kombajnov s bil'nym molotil'nym apparatom [Technical and technological bases of perfection combine harvesters threshing machine with a hammer], Ul'janovsk: Zebra, 2016. – 111 p. [in Russian]

5. Rjadnov A.I., Tronev S.V., Skvorcov I.P., Stenkovo A.P. Sposob opredelenija poter' zerna kombajnom [Method for determining the loss of grain harvester]. Pat. Rus. Fed. № 2453101. IPC A01D 41/127, A01D 75/00. Publ. 20.06.2012, Bul. №17. – 6 p. [in Russian]

6. Rjadnov A. I. Sposob povysheniya ravnomernosti zagruzki sistemy ochistki zernouborochnogo kombajna [A method for improving the uniformity of load combine harvester cleaning system]/ A. I. Rjadnov, S. V. Tronev, I. P. Skvorcov // Integracija nauki v proizvodstvo – strategija ustojchivogo razvitiya APK Rossii v VTO. Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 70-letiju Pobedy v Stalingradskoj bitve. 30 janvarja-01 fevralja 2013 goda, Tom 5. Volgograd [Integration of science into production - a strategy for sustainable development of agro-industrial complex of Russia in WTO. International scientific-practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Victory in the Battle of Stalingrad. January 30-February 1, 2013, Vol. V]. – P. 152-156. [in Russian]

7. Shorohov Ju.G. Vlijanie vyravnenosti potочноj hlebnoj massy na rabotu molotil'no-separirujushhego ustrojstva [Influence of uniformity of grain mass flow to work threshing and separating device] /Ju.G. Shorohov, A.V. Avdeev// Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 100-letiju so dnja rozhdenija professora K. G. Kolganova, 7-9 sentjabrja 2006 goda, Cheljabinsk: ChGAU, 2006 [Proceedings of the international scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of birthday of Professor C.G. Kolganova, 7-9 September 2006]. – P. 185-193. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.144>

Уразбахтин Р.Р.¹, Вавилов В.Е.²

¹Студент, Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет, ²Старший преподаватель кафедры Электромеханики, Уфимский государственный авиационный технический университет

СХЕМА ШАССИ ДЛЯ ЛЕГКОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЯХ

Аннотация

В статье приведена схема шасси для многофюзеляжного легкого беспилотного летательного аппарата и проведены расчеты нагрузки, которая будет приходиться на шасси при посадке. Также статья содержит описание предлагаемых авторами компонентов шасси, таких как амортизаторы, колеса, устройства по выпуску и складыванию стоек шасси. Схема шасси разрабатывалась так, чтобы ее вес был минимален, а надежность максимальна. Расчеты прочности шасси проводились при условии, что беспилотный летательный аппарат не будет использоваться для полетов на северных широтах. Отличительными особенностями предлагаемой схемы шасси являются отсутствие отдельных приводов выпуска и складывания стоек шасси и отсутствие системы торможения, устанавливаемой на стойки шасси. Приводится расчет параметров, которым должны соответствовать компоненты шасси для того, чтобы вся система эффективно функционировала.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат на солнечных батареях, шасси, амортизаторы, стойки шасси, система складывания и выпуска стоек шасси.

Urazbakhtin R.R.¹, Vavilov V.E.²

¹Student, Ufa State Aviation Technical University, ²Senior lecturer of the department of electrical engineering, Ufa State Aviation Technical University

THE PATTERN OF THE LANDING GEAR FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE WORKING ON THE SOLLAR CELLS

Abstract

This article shows a pattern of the landing gear for lightweight unmanned aircraft with several fuselages and carried out some load calculations, which will be in landing gear during landing. Also the article contains a review of all landing gear components such as shock absorbers, wheels, systems of folding and release for landing gear. A pattern of the landing gear is designed so that its weight was minimal, and reliability is maximum. Strength analysis of the landing gear was conducted under the condition that the unmanned aerial vehicle will not be used for flying in the Northern latitudes. Distinctive features of the proposed pattern of the landing gear is the lack of separate drives for release and folding landing gear and no braking system installed on the landing gear. Parameters, which must match the landing gear components to ensure that the entire system functioned in practice, were calculated in this article.

Keywords: unmanned aerial vehicle working on the solar cells, landing gear, shock absorbers, landing gear, systems of folding and release for landing gears.

На сегодняшний день в мире актуальна проблема создания беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для военных и телекоммуникационных нужд. Этот самолет должен быть неуловимым для радаров других государств, а также должна существовать возможность его использования в качестве ретранслятора сигнала. Примером такой техники служит БПЛА на солнечных батареях, разработанный компанией «Тайбер» [4]. Его двигатели электрические, поэтому от них практически нет теплового излучения. На данном этапе разработок этот

БПЛА имеет ряд недостатков, основной из которых – невозможность автономной посадки. Поэтому весьма актуальной проблемой является разработка шасси для БПЛА подобного типа.

У существующего образца БПЛА «Сова» размах крыльев 9,5 метров, масса 11,8 килограмм и скорость полета около 9 метров в секунду [4]. Установка системы посадки, безусловно, влечет за собой увеличение массы подобного БПЛА «Сова» летательного аппарата, поэтому масса БПЛА с установленной системой шасси примем равной 25 кг, размах крыльев и скорость полета будем считать не изменившимися (потому что поднять большую массу БПЛА может за счет увеличения мощности двигателей, что осуществимо на данном этапе развития технологий). Также будем считать, что БПЛА производит посадку не на северных широтах, ведь существующие экземпляры БПЛА не способны функционировать на широтах, близких к полюсам.

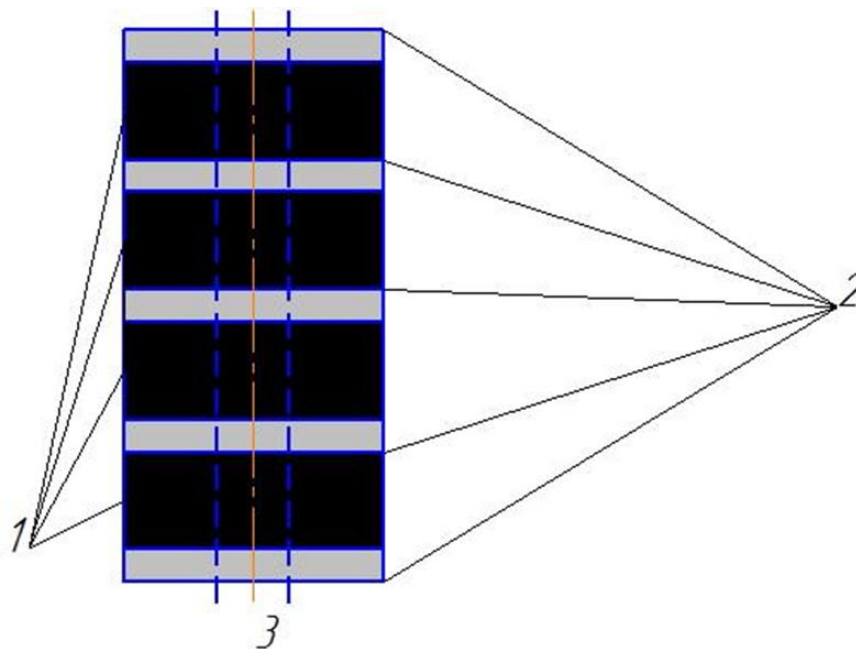


Рис. 1 – Схема строения амортизатора:

1 – резиновые пластины; 2 – металлические пластины; 3 – направляющая (между пунктирными линиями, проходящими около центра детали)

Самолет имеет малую массу, поэтому шасси должно быть максимально легким. Также ясно, что нагрузка на амортизаторы БПЛА при посадке будет небольшой в связи с малой массой беспилотного летательного аппарата, поэтому предлагается использовать «резиновые амортизаторы» [2]. Устроены они по следующей схеме: резиновый столбик разрезается на несколько равных по толщине пластин, между ними прокладываются металлические пластины и через эту конструкцию пропускается металлический стержень (направляющая). Такая конструкция будет соответствовать заданным параметрам. Разрезание резинового столба, вставка пластин и установка направляющей производится для того, чтобы избежать изгиба амортизатора относительно вертикальной оси. Поверх резинового амортизатора необходимо установить обтекатель для придания этой детали меньшего коэффициента сопротивления воздуху, а также для защиты механизма от воздействия солнечных лучей. Схема амортизатора представлена на рис.1.

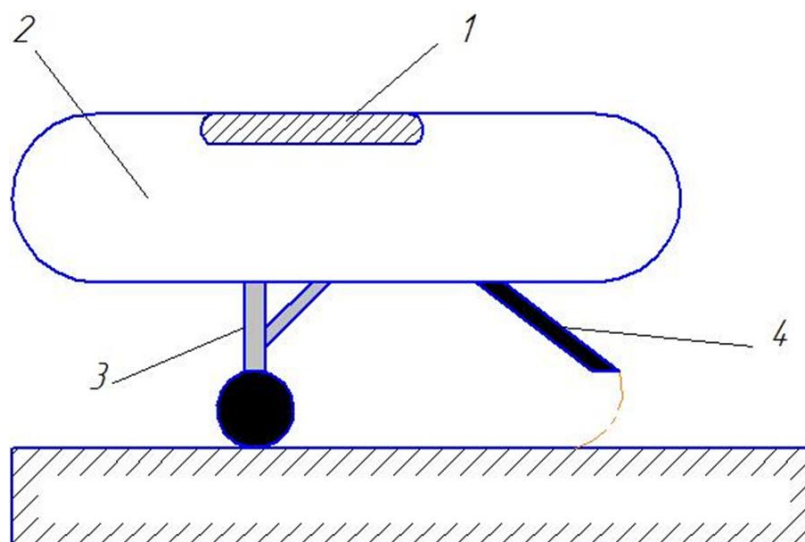


Рис. 2 – Вид предлагаемого шасси сбоку:

1 – крыло; 2 – фюзеляж; 3 – стойка шасси и задний подкос; 4 – «костыль»

Стойки шасси предлагается расположить на правом и левом крайних фюзеляжах в месте пересечения крыла и фюзеляжей (рис. 2). В хвостовой части среднего фюзеляжа возможна установка костыля. Такая схема шасси позволяет производить безопасную для бортового оборудования посадку. Эта система обладает высокой надежностью и имеет небольшой вес. Небольшая масса системы посадки достигается также из-за ненужности установки тормозной системы, ведь торможение БПЛА будет происходить за счет трения костыля о взлетно-посадочную полосу. Вид шасси сбоку представлен на рис.2.

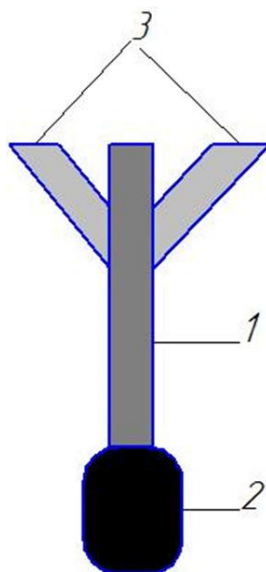


Рис. 3 – Вид стойки шасси спереди:
1 – амортизатор; 2 – пневматик; 3 – боковые подкосы

Стойки шасси предлагается построить по следующей схеме: от фюзеляжа к амортизатору крепятся три подкоса (со стороны левого крыла, со стороны правого крыла и со стороны хвоста), в удаленной от фюзеляжа части стойки на вилке крепится пневматик (шина с камерой или просто шина, что сейчас используется чаще). Такая схема стойки устойчива к возможным при посадке боковому и переднему ударам. Убирание стойки шасси происходит в плоскости полета в фюзеляж, так как крылья у БПЛА сильно изгибаются (невозможно убрать шасси в крылья, не изменив конструкцию крыла). Складывание шасси происходит в сторону хвостовой части фюзеляжа. Вид стойки шасси спереди представлен на рис.3.

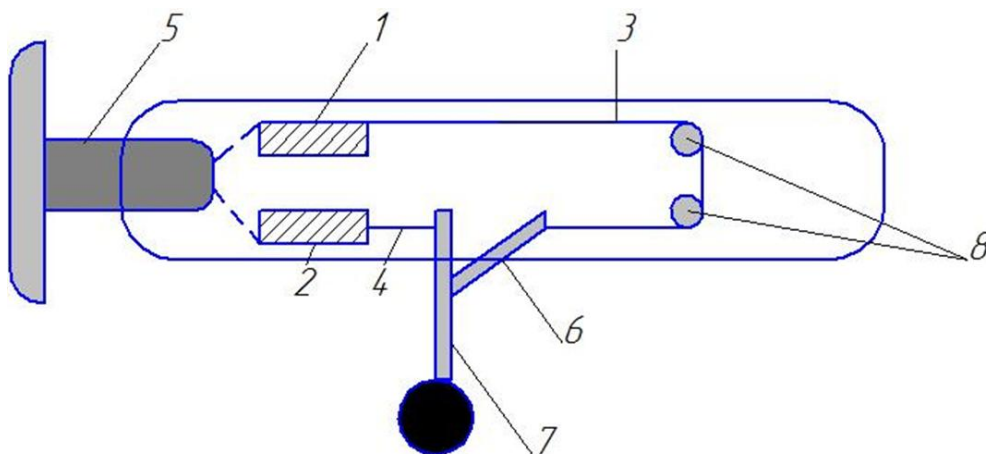


Рис. 4 – Вид сбоку в разрезе системы складывания/выпуска шасси:
1 – катушка для складывания; 2 – катушка для выпуска; 3 – трос для складывания; 4 – трос для выпуска;
5 – электродвигатель, вращающий винт; 6 – задний подкос; 7 – амортизатор; 8 – неподвижные блоки

Чтобы шасси складывалось и выпускалось можно использовать электродвигатели, вращающие винты, ведь время выполнения этих процессов при посадке БПЛА мало. Система работает следующим образом: при выпуске шасси двигатель используется для сматывания троса механизма выпуска, а при складывании – для сматывания троса механизма складывания. Привод складывания выполнен по следующей схеме: к заднему подкосу стойки шасси крепится трос, который тянет этот подкос в сторону хвостовой части фюзеляжа; нужное расположение троса и перенаправление сил натяжения достигается за счет установки системы из двух неподвижных блоков; также требуется установка катушки, на которую наматывается трос. Для привода выпуска предлагается следующее решение: к ближнему к фюзеляжу концу амортизатора крепится трос. За этот трос соответствующий конец амортизатора «вытягивается» в сторону носовой части фюзеляжа (в сторону нахождения винтов). Трос с амортизатором соединен

напрямую. Требуется установка катушки для сматывания/разматывания троса. Вид сбоку в разрезе системы складывания/выпуска шасси представлен на рис.4.

Стойка шасси убирается следующим образом: сначала высвобождается верхний (близкий к фюзеляжу) конец заднего подкоса, потом, за счет создаваемой электродвигателем силы, он «подтягивается» к хвостовой части БПЛА и тянет за собой стойку шасси.

Согласно рассматриваемым размерам БПЛА, стойки шасси располагаются на расстоянии около 6 метров друг от друга. Тогда расстояние от стойки шасси до ближайшего конца крыла составляет 1,75 метра, что невелико по сравнению с общей длиной крыльев. Это значит, что нет необходимости при посадке загибать крылья так, чтобы их края находились выше уровня фюзеляжей относительно земли.

Для того чтобы подобрать подходящие компоненты системы взлета и посадки, возникает необходимость вычислить нагрузку, которая будет приходиться на стойки шасси и костыль при посадке. Как было сказано ранее, общая масса самолета принимается равной 25 кг, посадочная скорость - 9 м/с. Для расчетов также используются следующие параметры: спереди от крыльев находится приблизительно 1/3 длины фюзеляжа, за крылом - 2/3 длины фюзеляжа. «Костыль» располагается на расстоянии 2/3 от длины части фюзеляжа, находящейся за крыльями, в хвостовой части фюзеляжа. Так как общая длина фюзеляжа составляет 1,554 м, то расстояние от крыльев до «костыля» составляет 0,7 м. Так как масса самолета 25 кг, а посадочная скорость 9 м/с, то рассчитать работу, приходящуюся на стойки шасси, можно по формуле [3]:

$$A = 0,4 * G, \quad (1)$$

где: A - работа, которую должно поглотить шасси при касании БПЛА с землей при посадке; G - полная масса БПЛА при посадке.

Если подставить значение, получится, что $A = 0,4 * 25 = 10(\text{кгс} * \text{м})$

Рассчитываем, какая работа придется на амортизаторы шасси, а какая на пневматики:

$$A = A_{\text{пнев}} + A_{\text{амор}}, \quad (2)$$

где: A - работа, которую должно поглотить шасси при касании БПЛА с землей при посадке; $A_{\text{пнев}}$ - работа, которую должны поглотить пневматики при посадке; $A_{\text{амор}}$ - работа, которую должны поглотить амортизаторы при посадке.

Если подставить значения величин получится, что: $A_{\text{пнев}} = 0,45 * A = 0,45 * 10 = 4,5(\text{кгс} * \text{м})$

$$A_{\text{амор}} = A - A_{\text{пнев}}, \quad (3)$$

где: A - работа, которую должно поглотить шасси при касании БПЛА с землей при посадке; $A_{\text{пнев}}$ - работа, которую должны поглотить пневматики при посадке; $A_{\text{амор}}$ - работа, которую должны поглотить амортизаторы при посадке.

Если подставить значения величин получится, что: $A_{\text{амор}} = 10 - 4,5 = 5,5(\text{кгс} * \text{м})$

Измеряются работы пневматиков, амортизаторов и суммарная пневматиков и амортизаторов в килограмм-силе умноженной на метр (кгс*м) [3]. Работа пневматиков составляет от 30 до 60 % от работы стойки (вычисляется среднее арифметическое значение). Работа амортизатора вычисляется как разность между работой стойки шасси и работой пневматика. Работа «костыля» вычисляется по следующей формуле [3]:

$$A_{\kappa} = 0,00048 * G_{\kappa} * v^2, \quad (4)$$

где: A_{κ} - работа, которую «костыль» должен поглотить при ударе о землю; G_{κ} - масса, приходящаяся на костыль, когда БПЛА стоит на стойках шасси и «костыле» неподвижно; v - скорость, с которой БПЛА заходит на посадку (касается земли).

Если подставить значения получится, что: $A_{\kappa} = 0,00048 * 10,7143 * 9^2 \approx 0,42(\text{кгс} * \text{м})$

Следовательно амортизаторы должны выдерживать нагрузку 5,5 кгс*м, пневматики - 4,5 кгс*м, а костыль - 0,42 кгс*м. Исходя из этих данных можно подобрать костыль, пневматики и амортизаторы, ведь известна работа, которую они должны поглотить при посадке. Исходя из этих данных, можно оценить вес шасси. Вес каждой стойки около 3 кг, вес костыля составляет 1 кг. Общая масса шасси составляет приблизительно 7 кг.

Произведем расчет мощности, необходимой для складывания шасси. Сначала находим силу сопротивления, которая действует на неубранные стойки шасси при полете. Она составляет 0,3 от общей силы сопротивления полету, равной силе тяги двигателей (максимальная мощность двигателей имеет величину 250 Вт и достигается при взлете). Сила сопротивления, действующая на не сложенные стойки шасси при полете равна 8,4 Ньютон. Зная это, появляется возможность найти силу, которую необходимо приложить для того, чтобы шасси начало убираться. Она будет равна квадратному корню из суммы квадрата силы тяжести, действующей на стойки шасси, и квадрата силы сопротивления, действующей на стойки шасси при полете. Получается, что величина искомой силы приблизительно 71 Ньютон. Тогда приблизительная искомая мощность рассчитывается по формуле:

$$N = 71 * v_0, \quad (5)$$

где: v_0 - скорость, с которой начнет складываться стойка шасси в начальный момент процесса.

Величина искомой мощности приблизительно составляет 75 Ватт.

Система взлета и посадки – одна из главных составляющих любого летательного аппарата. Поэтому проблема отсутствия такой системы на перспективных БПЛА, похожих на БПЛА «Сова», является актуальной на данный момент. Предлагаемая схема системы посадки является наиболее подходящей для описанных выше БПЛА, потому что для ее применения на практике нет необходимости сильно изменять существующую конструкцию БПЛА. Преимуществами предлагаемой системы взлета и посадки являются простота ее изготовления и обслуживания, небольшой вес и высокая надежность. Применение на практике предлагаемой схемы позволит применять БПЛА в разведывательных целях, ведь для его посадки не потребуется разворачивать специальные пункты. Также преимущество данной системы взлета и посадки состоит в том, что при ударе о землю не будут повреждаться бортовые системы БПЛА и его корпус.

Список литературы / References

1. Амортизаторы авиационные [электронный ресурс]. – URL: <http://privetstudent.com/referaty/aviatsiya/532-amortizatory-aviacionnye.html> (дата обращения: 02.03.2017).
2. Амортизаторы шасси [электронный ресурс]. – URL: http://cnit.ssau.ru/virt_lab/shassi/sh14_2.htm (дата обращения: 02.03.2017).
3. Виноградов И.Н. Конструкция и расчет самолета на прочность / Виноградов И.Н. – Москва: Главная редакция авиационной литературы, 1935. – 567 с.
4. Масштабная модель атмосферного спутника "СОВА" [электронный ресурс]. – URL: <http://www.tiber.su/produksiya-2/masshtabnaya-model-atmosfernogo-sputnika-sova> (дата обращения: 02.03.2017).
5. Никитин Г.А. Основы авиации / Никитин Г.А., Баканов Е.А – Москва: Транспорт, 1984. – 261 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Amortizatory aviatsionnye (Aviation shock absorbers) [Electronic resource] - URL: <http://privetstudent.com/referaty/aviatsiya/532-amortizatory-aviacionnye.html> (accessed: 02.03.2017).
2. Amortizatory shassi (Shock absorbers of the landing gear) [Electronic resource] - URL: http://cnit.ssau.ru/virt_lab/shassi/sh14_2.htm (accessed: 02.03.2017).
3. Vinogradov I. N. Konstruktsiya i raschet samoleta na prochnost [Design and calculation of aircraft on strength] / Vinogradov I. N. - Moscow, The Main edition of aviation literature, 1935. - 567 p. [in Russian]
4. Masshtabnaya model aviatsionnogo sputnika "Sova" (Large-scale model of atmospheric satellite "Sova") [Electronic resource] - URL: <http://www.tiber.su/produksiya-2/masshtabnaya-model-atmosfernogo-sputnika-sova> (accessed: 02.03.2017).
5. Nikitin G. A., Bakanov E.A. Osnovy aviatsii [Fundamentals of aviation] / Nikitin G. A., Bakanov E.A. - Moscow, Transport, 1984. - 261 p. [in Russian]



AGRIS

Международный научно-исследовательский журнал теперь индексируется в Agris.

Статьи, размещаемые в Agris, имеют статус публикаций ВАК.

AGRIS (International System for Agricultural Science and Technology) – это международная библиографическая база данных с более чем 7.5 млн структурированных библиографических данных по сельскому хозяйству и смежным дисциплинам.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.146>Федосеев В. Н.¹, Зайцева И. А.², Острякова Ю. Е.³, Целовальникова Н. В.⁴, Емелин В. Н.⁵, Воронов В. Н.⁶¹ORCID: 0000-0002-2225-0962, Доктор технических наук,

Ивановский государственный политехнический университет,

²ORCID: 0000-0002-1416-3666, Кандидат экономических наук,

Ивановский государственный политехнический университет,

³ORCID: 0000-0002-8863-6059, Кандидат экономических наук,

Ивановский государственный политехнический университет,

⁴Кандидат технических наук,

Ивановский государственный политехнический университет,

^{5,6}Аспирант, Ивановский государственный политехнический университет**ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ В АВТОНОМНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ****Аннотация**

В статье рассмотрены теоретические аспекты работы эффективного современного отопления с использованием оборудования, обеспечивающего управляемость системы и теплогенерирующей установки, погодозависимое регулирование, возможность программировать изменение температурных режимов (управляемое термостатирование), реализовывать их независимо для разных помещений, дистанционное управление, минимизацию тепловой инерционности системы. Реализация такого способа управления как программируемое термостатирование для теплоснабжения помещений, заключающееся в изменении установки температуры отапливаемых помещений согласно заданной программы, позволяет устанавливать температуру помещений в соответствии с потребностями в нагреве в текущий момент времени, что даёт возможность существенно снижать затраты потребляемой энергии на отопление.

Ключевые слова: воздушный тепловой насос, теплогенерация, электроснабжение, эквитермическое регулирование, эквитермальный режим.

Fedoseev V.N.¹, Zaitseva I.A.², Ostryakova Yu.E.³, Tselovalnikova N.V.⁴, Emelin V.N.⁵, Voronov V.N.⁶¹ORCID: 0000-0002-1416-3666, PhD in Engineering,

Ivanovo State Polytechnical University,

²ORCID: 0000-0002-1416-3666, PhD in Economics,

Ivanovo State Polytechnical University,

³ORCID: 0000-0002-8863-6059, PhD in Economics,

Ivanovo State Polytechnical University,

⁴PhD in Engineering, Ivanovo State Polytechnical University,^{5,6}Postgraduate student, Ivanovo State Polytechnical University**EFFECTIVE MANAGEMENT OF SYSTEM HEAT OSCILLATIONS IN INDEPENDENT
PRODUCTION ROOMS****Abstract**

The article considers the theoretical aspects of modern and efficient heating using equipment, to ensure controllability of the system and the heat generating unit, a modulating regulation, the ability to program the change in temperature regimes (temperature control), and implement them independently for different areas, remote control, minimizing the thermal inertia of the system. The implementation of such a control method as programmable temperature control for heating of premises, which consists in changing the temperature of the heated space according to a given program, allows you to set the temperature of rooms in accordance with the requirements of heating in current time that makes it possible to significantly reduce the cost of energy consumed for heating.

Keywords: air heat pump, heat generation, electricity supply, equithermal regulation, equithermal mode.

В настоящее время небольшие автономные производственные помещения испытывают недостаток в энергосберегающих технологиях благодаря усиливающейся тарифной политики в энерго- и теплосистемах.

Значительные расходы на тепловую и электроэнергию в текстиле особенно сказываются на прядильном и ткацком производстве, что становится соизмеримым с себестоимостью выпускаемой продукции [3, С. 6]. Такое состояние в целом заставляет инициировать поиск путей эффективной теплогенерации и электроснабжения.

Эффективность современного отопления и энергопотребления обеспечивает управляемость систем теплогенерации и электроснабжения, то есть возможность программирования температурных режимов (управляемое термостатирование), автоматизированное регулирование и дистанционное управление. В данной работе предложены базовые принципы и условия создания эффективного отопления, с использованием оборудования предлагаемого современным рынком.

Известно, что для создания условий автоматизированной системы теплогенерации и энергосбережения текстильных помещений они должны быть обеспечены требованиями эффективного расхода энергии в условиях совместной работы источников и потребителей тепловой энергии [1, С. 112]. В нашем случае:

- к источникам тепла относим: электрические, твёрдотопливные котлы, тепловые насосы, гелиоустановки;
- к потребителям тепла: радиаторы, тёплый пол, плintусные теплообменники, системы горячего водоснабжения, фанкойлы и т.д.

Для этого в современных автоматизированных системах теплообеспечения используют широкий набор контроллеров, электронных термостатов, где в качестве штатной функции или за счет использования дополнительных модулей расширения происходит управление системой отопления.

В настоящее время существующий ряд современных контроллеров позволяет поддерживать удалённый мониторинг состояния отопляемого объекта. Однако используя различные источники теплогенерации, условия их режима требуют специальных технологических подходов.

Основное условие энергоэффективного отопления и потребления электрической энергии – это возможность регулирования температуры теплоносителя в помещении.

В этих условиях применяя средства автоматизации для данного технологического процесса используем электронный контроллер, обеспечивающий взаимосвязь с датчиками температуры теплоносителя в подающей и обратной магистралях теплогенератора. Релейная система управления режимом работы теплогенератора учитывает соотношение заданной и текущей температуры. Таким образом, исполнительную функцию включения – отключения выполняет сам контроллер, реализуя программный режим отопления. В условиях комплексной автоматизации технологического управления при уровнях желаемого теплового комфорта применяется схема эквипотенциального регулирования. Это не что иное, как способ управления системой теплогенерации, когда температура окружающего воздуха (ОВ) в помещении регулируется в зависимости от наружной температуры. Наружный (внешний) датчик температуры должен постоянно следить за погодными изменениями, а прибор (регулятор), настроенный на эти изменения приспособливает (адаптирует) температуру в объекте (в помещении), обеспечивая комфортный тепловой режим. Другими словами, эквипотенциальное (погодозависимое) регулирование заключается в адаптации текущих параметров (мощности, температуры теплоносителя) отопительной системы или ее отдельных контуров к погодным условиям [4].

Особое преимущество эквипотенциального регулирования проявляется в переходный период года, когда этот способ регулирования является более гибким по сравнению с использованием классического комнатного регулятора. При резких изменениях погоды система теплогенерации с эквипотенциальным тепловым регулятором реагирует быстрее, чем система теплогенерации, управляемая только комнатным термостатом.

Для более удобного обслуживания регулятора (контроллер - термостат) в его памяти имеется необходимое количество программно-предварительно настроенных (экспериментально снятых в конкретных климатических условиях) отопительных кривых $t_{\text{теплоносителя}} = f(t_{\text{наружная температура}})$, согласно которым каждой величине внешней

температуры будет соответствовать желаемая температура теплоносителя. Потребитель может предварительно зафиксировать некоторую из этих кривых с помощью кнопок, обозначив кривую в табличной форме.

Эквипотенциальное тепловое регулирование описывается с помощью функции близкой к линейной (возможна аппроксимация) в зависимости температуры теплоносителя от температуры окружающей среды. Однако здесь следует учитывать ряд факторов, оказывающих влияние на построение функции: влажность воздуха, освещенность солнцем, теплопроводность стен, площадь и объем помещения, теплоемкость, теплоотдачу, количество находящихся там одновременно людей и всевозможных установок, в результате работы которых вырабатывается тепло. Но основными факторами всё же являются региональные климатические условия [5, С. 243].

Для построения графической и математической моделей, которые адекватно описывали бы функцию эквипотенциального регулирования, необходимо предварительно провести экспериментальные исследования.

Например, выбираем по графику рис. 1 (где $t_{\text{теплонос. (раб. тело)}}$ °C; $t_{\text{наружн. улица}}$ °C) нужную нам эквипотенциальную кривую (полученную экспериментальным путём) с коэффициентом 1,5 (обозначение коэффициента соответствует полученной кривой). Тогда при температуре наружного воздуха +10 °C, температура воды (теплоносителя) будет соответствовать по оси ординат примерно 41 °C ÷ 42 °C. А скажем при температуре 0 °C на улице ($t_{\text{наруж.}}$) будет соответствовать +55 °C и т.д. Для упрощения обслуживания данные графика рис. 1 (даже нескольких графиков согласно которым каждому значению наружной температуры соответствует конкретная температура теплоносителя), отображаются в форме таблицы и заранее вводятся в электронную систему регулирования (термостат).

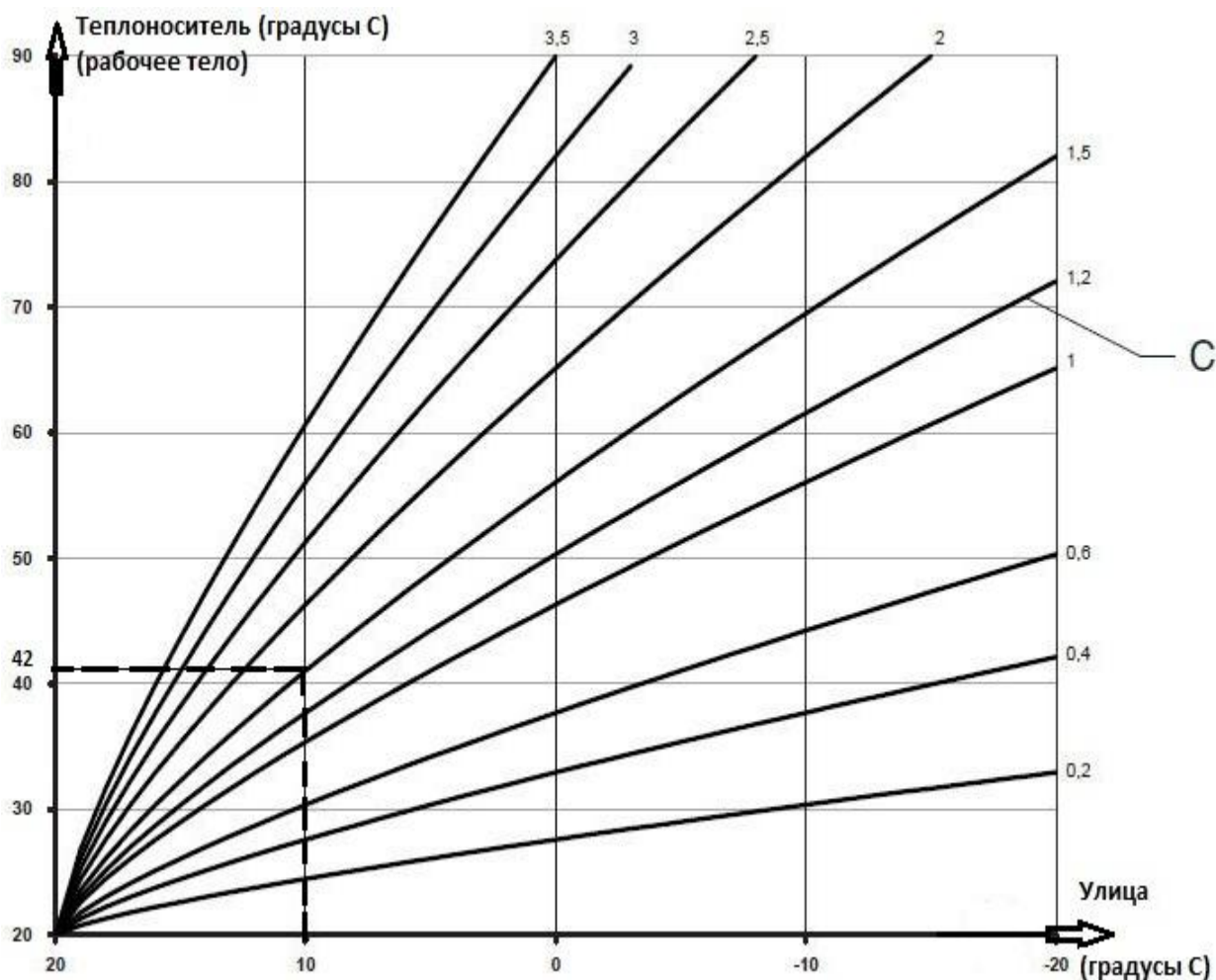


Рис. 1 – Эквипотенциальные кривые отопления, зависимость температуры теплоносителя (помещения) от наружной температуры на улице

Например, для кривой с коэффициентом 1,5 соотношение индекса будет 6.

Таблица 1 – Коэффициенты эквитермических кривых

Кривая отопления	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Индекс	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таким образом, в данном режиме котёл (теплогенератор) будет поддерживать установленную температуру отопления. Работа котла прерывается (включен/выключен) в зависимости от внутренней температуры в помещении, в которой находится комнатный регулятор [2, С. 213].

Для того чтобы перейти к системе настройки желаемой температуры воздуха в помещении, строим в этих же осях эквипотенциальную кривую с коэффициентом 1,5 и в начале координат определяем ось «Д» (рис. 2) под углом 23° к оси «А», (граф на рис. 2). Таким образом, в данном случае угол 23° оси «Д» получается, подбирая желаемую температуру окружающего воздуха в помещении в диапазоне от $+15$ до $+25$ (рис. 2) с коэффициентом 1,5.

Например, выбрали температуру в помещении $+22^\circ\text{C}$, тогда по табл. 2 находим также соответствующее значение этой температуре индекс «7».

Таблица 2 – Температурные (эквитермальные) режимы

Индекс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура воздуха в помещении по оси «Д», $^\circ\text{C}$.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

После этого, полученные таблично значения так же вводим программно в прибор «контроллер-термостат», обеспечивая режим работы теплогенератора. В этом случае при выборе желаемой температуры отапливаемого помещения, скажем отличной от существующей $+20^\circ\text{C}$, например $+22^\circ\text{C}$, работает эквипотенциальная тепловая характеристика на рис. 2. При наружной температуре, например 0°C , ей будет соответствовать точка с $t=55^\circ\text{C}$ и всё это будет исполнять автоматически настроенный «контроллер-термостат».

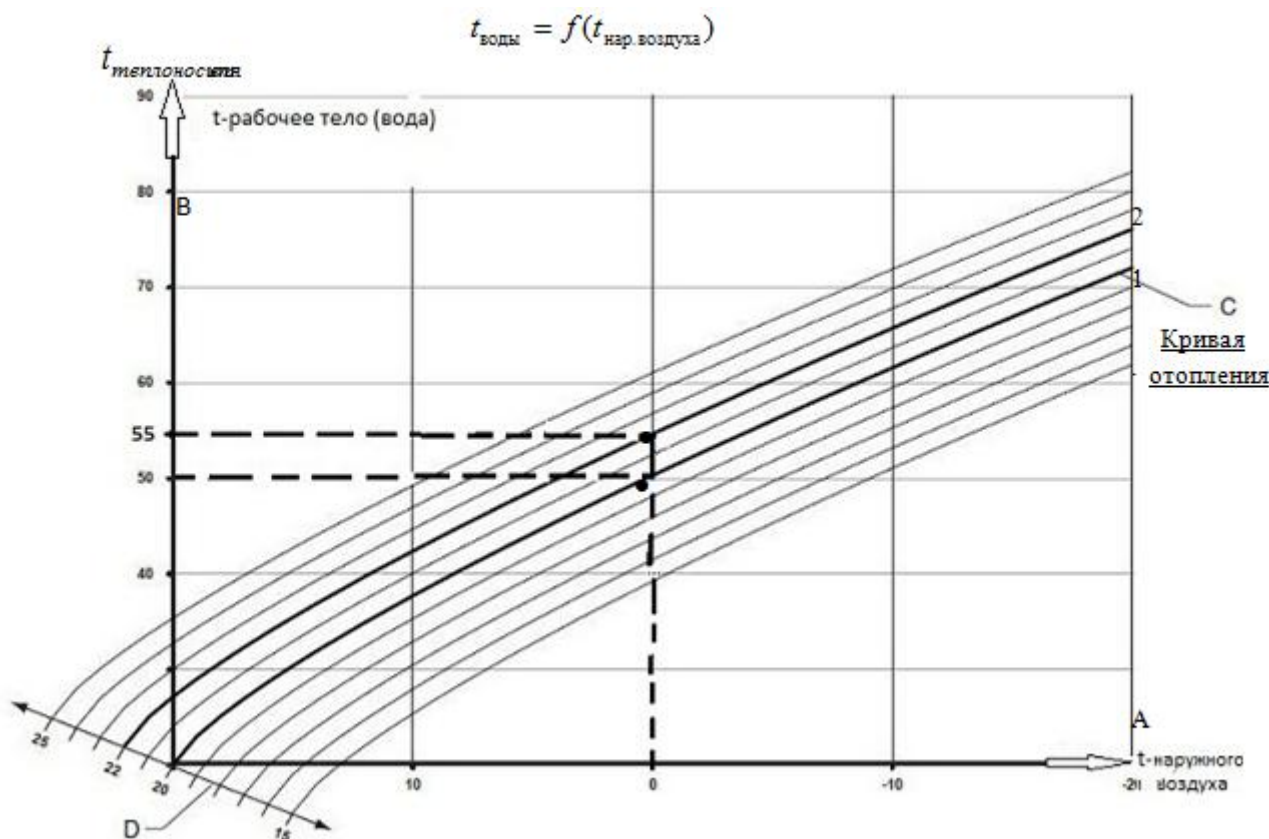


Рис. 2. Эквипотенциальная тепловая кривая зависимости температура теплоносителя от наружной температуры на улице

Необходимо отметить, что наклон кривых и, соответственно, ось «Д» вдоль оси ординат зависит от величины потерь, получаемых вычислением в реальном времени аппаратным методом. Наиболее эффективным в этом случае является тепловизионный метод определения тепловых потерь, при котором, получая тепловизором температурное поле, можно качественно характеризовать распределение потерь, интегрировать их, получая количественную оценку величины теплопотерь. Эффективность работы системы и экономия энергии всегда будет зависеть от точности вычисления теплопотерь и характера кривой отопления. Неправильно установленная кривая, снижает качество процесса отопления. Поэтому важно быть внимательным к алгоритмам управления отоплением на процессуальном и диспетчерском уровне управления, которые позволяют автоматически изменять параметры эквипотенциальной кривой.

Делая выводы можно сказать, что программируемое эквипотенциальное тепловое регулирование (термостатирование) теплоснабжения помещений заключается в изменении установки температуры отапливаемых помещений согласно заданной программы. Реализация такого способа управления позволяет устанавливать температуру помещений в соответствии с потребностями в нагреве в текущий момент времени, что даёт возможность существенно снижать затраты потребляемой энергии на отопление.

Список литературы / References

1. Алоян Р. М., Красильников И. В., Матвеева Н. Ю. Инженерный и экономический анализ энергосберегающих мероприятий. Тамбов, 2014.
2. Алоян Р. М., Федосеев В. Н., Виноградова Н. В., Иродова М. Р., Зайцева И. А. Экономически эффективный воздухообмен в системе теплоснабжения тепловым насосом малоэтажных текстильных помещений // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 5 (365). С. 210-215.
3. Алоян Р. М., Федосеев В. Н., Петрухин А. Б., Зайцева И. А., Воронов В. А., Емелин В. А. Анализ энергоэффективности воздушного теплового насоса и электрокотла в условиях текстильного и швейного производства / Р. М. Алоян, В. Н. Федосеев, А. Б. Петрухин, И. А. Зайцева, В. А. Воронов, В. А. Емелин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 4 (364). С. 5-12.
4. Бумагин А. Принципы построения эффективной системы автономного отопления / А. Бумагин // Журнал "Аква-Терм" №6(58) // http://aqua-therm.ru/articles/articles_169.html
5. Воронов В. А., Емелин В. А., Федосеев В. Н., Зайцева И. А. Климатические условия и факторы, влияющие на производительность воздушного теплового насоса // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений. Сборник научных трудов. 2015. С. 241-251.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Alojan R. M., Krasil'nikov I. V., Matveeva N. Ju. Inzhenernyj i jekonomicheskij analiz jenergoberegajushhih meroprijatij. [Engineering and economic analysis of energy saving actions.] Tambov, 2014. [in Russian]
2. Alojan R. M., Fedoseev V. N., Vinogradova N. V., Irodova M. R., Zajceva I. A. Jekonomicheskij jeffektivnyj vozduhoobmen v sisteme teplosnabzhenija teplovym nasosom malojetazhnyh tekstil'nyh pomeshhenij [Economically efficient

air exchange in system of heat supply a heat pump of low textile rooms]// Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. [News of higher educational institutions. Technology of the textile industry] 2016. № 5 (365). P. 210-215. [in Russian]

3. Alojjan R.M., Fedoseev V.N., Petruhin A.B., Zajceva I.A., Voronov V.A., Emelin V.A. Analiz jenergojeffektivnosti vozdušnogo teplovogo nasosa i jelektrokotla v uslovijah tekstil'nogo i shvejnogo proizvodstva [The analysis of energy efficiency of an air heat pump and the electric boiler in the conditions of textile and sewing production] / R.M. Alojjan., V. N.Fedoseev, A. B.Petruhin, I. A. Zajceva, V. A.Voronov, V. A. Emelin // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. [News of higher educational institutions. Technology of the textile industry]. 2016. № 4 (364). P. 5-12 [in Russian]

4. Bumagin A. Principy postroenija jeffektivnoj sistemy avtonom-nogo otoplenija [Principles of creation of efficient system of independent heating] / A.Bumagin // Zhurnal "Akva-Term" [Akva Term magazine] №6(58) // http://aqua-therm.ru/articles/articles_169.html [in Russian]

5. Voronov V. A., Emelin V. A., Fedoseev V. N., Zajceva I. A. Klima-ticheskie uslovija i faktory, vlijajushhie na proizvoditel'nost' vozdušnogo teplovogo nasosa [The climatic conditions and factors influencing efficiency of an air heat pump] // Teorija i praktika tehniceskikh, organizacionno-tehnologicheskikh i jekonomicheskikh reshenij [Theory and practice of technical, organizational and technological and economic solutions]. Sbornik nauchnyh trudov. 2015. P. 241-251. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.083>

Фот Ю.Д.

ORCID: 0000-0002-8819-9100, Кандидат технических наук, доцент,

ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет

МОДЕЛЬ ВЫБОРА ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В КОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Аннотация

В статье приведена модель выбора программно-аппаратных средств защиты информации при внедрении в автоматизированную информационную систему коммерческой организации, с учетом величины возможного ущерба от реализации угрозы, риском информационной безопасности и стоимости программно-аппаратных средств защиты информации. Предложена условная схема оценки рисков информационной безопасности автоматизированной информационной системы коммерческой организации. Проведена экспериментальная оценка предложенной модели.

Ключевые слова: программно-аппаратные средства защиты информации, уровень защищенности информационной системы коммерческого предприятия.

Fot Yu.D.

ORCID: 0000-0002-8819-9100,

PhD in Engineering, Associate Professor, FGBOU Orenburg State University

CHOISE MODEL OF SOFTWARE AND HARDWARE INFORMATION SECURITY FACILITIES IN COMMERCIAL ORGANIZATIONS

Abstract

The paper presents the model for selection of software and hardware information security tools for implementation into an automated information system of a commercial organization, taking into account the amount of possible damage from the implementation of the threat, the risk of information security, and the cost of software and hardware information security facilities. The author proposed a conditional scheme for assessment of information security risks of an automated information system of a commercial organization. The experimental estimation of the proposed model is carried out.

Keywords: software and hardware means of information security, level of security of information system of a commercial enterprise.

Современные темпы развития и распространения информационных технологий, обострение конкурентной борьбы требуют создания высокого уровня защищенности информационной автоматизированной системы коммерческих организаций (АИС КО), включающие в себя правовые, организационные, физические, а также программно-аппаратные меры защиты информации.

Под уровнем защищенности АИС КО, в данной статье, понимается совокупность различных вариантов программно-аппаратных средств защиты информации (ПАСЗИ). Для определения затрат на приобретение ПАСЗИ в первую очередь необходимо проводить анализ рисков информационной безопасности АИС КО, который позволит оценить существующий уровень защищенности.

В ходе исследования, на основе [1], была разработана условная схема оценки рисков информационной безопасности коммерческой организации (рис. 1).



Рис. 1 – Условная схема оценки рисков информационной безопасности АИС КО

Опираясь на данную схему, была разработана математическая модель.

К исходным данным относятся:

- множество информативных ресурсов $r=\{r_1, r_2, \dots, r_m\}$, хранящихся в автоматизированной информационной системе коммерческой организации;
- множество типов объектов среды $L=\{l_1, l_2, \dots, l_m\}$;
- множество стоимостей информационного ресурса $S=\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$;
- множество конкретных нарушителей D с учетом их характеристик $V=\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$;
- множество определенных действий $U\{U_1, U_2, \dots, U_{max}\}$;
- множество способов использования информации $Uu\{Uu_1, \dots, Uu_{max}\}$.

Задача выбора ПАСЗИ выражена через его эффект внедрения ПАСЗИ F , зависящий от степени тяжести последствий нарушения информационной безопасности $S(Y)$, оценки риска информационной безопасности R_Y при допустимых затратах на программно-аппаратные средства защиты информации Z .

Расчет вероятности реализации угрозы P_Y производился на основании статистики инцидентов угроз: средние статистические данные вероятности предотвращенных и успешных атак P_C и усредненные данные экспертных оценок вероятности осуществления деструктивных действий P_3 .

$$P_Y = (P_C + P_3)/2, \quad (1)$$

При этом:

$$P_C = 1 - \frac{C_{Yд}}{C_{Yд} \cdot C_{Yи}}, \quad (2)$$

где: $C_{Yд}$ - количество успешных атак;

$C_{Yи}$ - количество предотвращенных атак.

При оценке вероятности осуществления деструктивных действий P_3 экспертам предлагается опираться на шкалу, представленную на рис.1.

Расчет оценки степени тяжести последствий нарушения ИБ от реализации определенных действий Y_d для владельца информационного ресурса r коммерческой организации $S(Y)$ представляет собой сумму ущерба владельца от получения доступа к информационным ресурсам АИС КО $S(Y_d)$ и ущерба владельца от использования информационного ресурса АИС КО $S(Y_{и})$:

$$S(Y) = \sum S(Y_d) + \sum S(Y_{и}), \quad (3)$$

Таким образом, оценка риска информационной безопасности АИС КО, может быть представлена количественно, т.е. риск оценивается через числовое значение, в данном случае, через размер ожидаемых потерь за определенный период времени. Значение риска вычисляется отдельно для каждой угрозы, и в общем случае представляется как произведение вероятности угрозы на величину возможного ущерба от реализации угрозы.

$$R_Y = S(Y) \cdot P_Y, \quad (4)$$

Затраты на приобретение программно-аппаратных средств защиты информации Z , должны быть значительно ниже оценки риска информационной безопасности автоматизированной информационной системы коммерческой организации R_Y .

Представленная совокупность показателей оказывает влияние на эффект внедрения средств защиты информации в систему коммерческой организации. Эффект внедрения ПАСЗИ в автоматизированную информационную систему коммерческой организации F определяется как соотношение ущерба от реализации угрозы $S(Y)$ к разнице между оценкой риска информационной безопасности автоматизированной информационной системы коммерческой организации R_Y и затратами на программно-аппаратные средства защиты информации Z .

$$F = \frac{S(Y)}{R_Y - Z} \rightarrow \max, \quad (5)$$

Если $F < 0$, то затраты на систему защиты превышают выгоду от ее функционирования, из этого следует, что необходимо уменьшение текущих затрат на поддержание безопасности АИС КО. Выбирается другая совокупность вариантов программно-аппаратных средств защиты информации с минимальным риском R_Y до получения положительного эффекта. Если $F > 0$, то выбирается совокупность вариантов программно-аппаратных средств защиты информации, соответствующая максимальному значению.

Экспериментальная оценка модели проводилась для угрозы «Спам». Пусть количество предотвращенных атак с использованием способа доступа к информационным ресурсам - 55 инцидентов за сутки, количество успешных атак - 6 инцидентов за сутки. Предположим, в коммерческой организации работает 100 сотрудников, средняя зарплата которых составляет 14000 Р/месяц, т.е. 636,4 Р/день; среднее время, затрачиваемое на открытие и удаление письма-спамы составляет 30 секунд, т.е. 0,000347 дня. Тогда, ущерб от реализации угрозы для владельца информационных ресурсов $S(Y) = 397,75$ Р/день.

Используя предложенную модель, определено влияние различных вариантов программно-аппаратных средств защиты информации на эффект внедрения средств защиты информации в систему коммерческой организации (табл.1.).

Таблица 1 – Оценка эффекта внедрения ПАСЗИ в АИС КО

Показатели Эффекта внедрения ПАСЗИ в АИС КО	Варианты ПАСЗИ	Spam Assassin, Касперский, Symantec	SpamAssassin, Касперский	SpamAssassin, Symantec	SpamAssassin	Касперский	Symantec
$P_C, \%$		9,84%	9,84%	9,84%	9,84%	9,84%	9,84%
$P_3, \%$		2,00%	3,00%	4,00%	23,00%	15,00%	14,00%
$P_y, \%$		5,92%	6,42%	6,92%	16,42%	12,42%	11,92%
$S(Y), \text{Р/день}$		397,75 Р	397,75 Р	397,75 Р	397,75 Р	397,75 Р	397,75 Р
$Z_2, \text{Р/день}$		60,55 Р	48,20 Р	15,55 Р	3,20 Р	45,00 Р	12,35 Р
$R_y, \text{Р/день}$		23,55 Р	25,54 Р	27,52 Р	65,31 Р	49,40 Р	47,41 Р
Показатель эффекта внедрения ПАСЗИ, F		-10,75	-17,55	33,22	6,40	90,39	11,34

Значение оценки риска R_y , имеющее в данном случае денежное выражение, показывает вероятные потери от реализации угрозы P_y . Наименьшее значение риска от угрозы спама, возникает при использовании первого и второго варианта ПАСЗИ однако, затраты на использование и приобретение данного ПАСЗИ значительно выше других вариантов. Показателя эффекта внедрения ПАСЗИ указывает, что для коммерческой организации недопустимо использование первого и второго варианта ПАСЗИ.

Третий, четвертый, пятый и шестой варианты ПАСЗИ допускаются к внедрению в АИС коммерческой организации, но использование пятого варианта ПАСЗИ «Касперский» наиболее выгодно. Учитывая стоимость ущерба реализации угрозы, средств защиты информации, интегрированный показатель эффекта внедрения ПАСЗИ количественно составляет 90,39 единиц, и является лучшим.

Достоинством данной модели является то, что описанный объем работ по проведению оценки рисков, показывает количественные потери возможного ущерба коммерческой организации, и возможные пути устранения данных потерь с помощью программно-аппаратных средств защиты информации. Проведена экспериментальная оценка предложенной модели, что повышает достоверность исходных данных и, следовательно, результатов анализа.

Список литературы / References

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности. Введ. 30-11-2010 – М. : Стандартинформ, 2011. – 51 с.
- Фот, Ю. Д. Модель определения уровня защищенности системы отбора персонала организации / Ю. Д. Фот, А. С. Боровский // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2016. - № 2. - С. 117-123.

Список литературы на английском языке / References in English

- GOST R ISO / IEC 27005-2010. Informacionnaya tehnologiya. Metodi isredstva obespesheniya bezopasnosti. Menedgment riska informacionnoi bezopasnosti. [GOST R ISO / IEC 27005-2010. Information technology. Methods and means of ensuring security. Information Security Risk Management.]. Vved 30-11-2010 [Introduced 30-11-2010] М. : STANDARTINFORM, 2011. – 51 S. . [in Russian]
- Fot, Y. D. Model opredelenia zachichenosti sistemi otbora personala [Fot, Y. D. The model of determining the level of security of the personnel selection system of the organization] / Y. D. Fot, A.S. Borovskii // Intellect. Innovatii. Investicii, 2016. - No. 2. - s. 117-123. [Intellect. Innovation. Investments, 2016. - No. 2. - P. 117-123.] . [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.088>

Ханин Д.М.

ORCID: 0000-0003-2101-5191,

Волгоградский государственный технический университет

**ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА
ДЛЯ МЕЛКОКОНТЕЙНЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОСТАВКИ****Аннотация**

Приведена методика выбора оптимального типа подвижного состава по критерию максимальной суточной производительности одного автомобиля для городской доставки скоропортящихся продуктов в мелких контейнерах. Представлена регрессионная модель прогнозирования технической скорости автомобилей в зависимости от их полной массы, эффективной мощности двигателя, критической скорости на вираже по условию опрокидывания, силы аэродинамического сопротивления движению и времени выезда автомобиля на линию. Сформировано выражение для определения суточной производительности единицы подвижного состава, учитывающее параметры маршрута, тип используемого автомобиля и параметры используемого мелкого контейнера. Сформирован алгоритм, позволяющий выбрать оптимальный тип подвижного состава для доставки скоропортящейся продукции, учитывающий различные способы размещения контейнеров в кузове.

Ключевые слова: мелкие контейнеры, скоропортящиеся продукты, производительность, технология, техническая скорость.

Khanin D.M.

ORCID: 0000-0003-2101-5191,

Volgograd State Technical University

**FORMATION OF THE METHOD OF SELECTING THE MOST EFFECTIVE MOBILE COMPOSITION
FOR SMALL-CONTAINER TECHNOLOGY OF DELIVERY****Abstract**

The article presents the method of selecting the most effective type of rolling stock by the criterion of the maximum daily productivity of one car for the urban delivery of perishable products in small containers. A regression model for predicting the technical speed of cars is provided, depending on their total mass, effective engine power, critical speed on the bend by the rollover condition, force of aerodynamic resistance to movement and time of car departure on a line. We developed an expression to determine daily productivity of a rolling stock unit, taking into account the route parameters, the type of vehicle used and the parameters of the small container. We elaborated an algorithm that allows choosing the most effective type of rolling stock for the delivery of perishable products, taking into account different ways of placing containers into the car.

Keywords: small containers, perishable products, productivity, technology, technical speed.

Скоропортящиеся продукты (СП) отличаются небольшими сроками реализации и температурными условиями хранения, что накладывает особые требования к технологии и организации их доставки от изготовителя до магазинов.

В настоящее время наиболее распространенная технология перемещения СП предполагает использование европаллетов и используется подвижной состав с устройствами охлаждения, которые позволяют поддерживать определенную температуру СП при перемещении. Однако при такой технологии ухудшаются эксплуатационные свойства автомобильного транспорта, в частности, значительно увеличивается расход топлива за счёт потребности в работе охлаждающих установок рефрижераторов, снижается эффективность использования грузоподъемности и объёма кузова за счёт ограничения высоты штабелирования СП на европаллетах, уменьшается эксплуатационная скорость автомобиля из-за неоправданно длительного простоя под погрузочно-разгрузочными операциями.

Перспективным направлением перемещения СП является применение новых мелкоконтейнерных технологий на основе использования разработанных автором специализированных передвижных контейнеров, позволяющих в значительной степени устранить проблемы эксплуатации транспортных средств.[3,4] Можно предположить, что применение мелкоконтейнерной технологии доставки СП существенно повлияет на эксплуатационные показатели автомобилей, а именно коэффициенты использования грузоподъемности и грузовместимости автомобиля, на структуру подвижного состава (ПС), осуществляющего перевозку. Такое предположение вызвано недостаточной изученностью технологии перевозок. В этой связи, исследования, направленные на изучение технологии доставки СП, являются актуальными. В данной статье автором рассмотрено влияние применяемой технологии доставки на некоторые эксплуатационные показатели автомобилей и на основании этого представлена методика выбора оптимального подвижного состава по критерию максимальной суточной производительности.

Массу тарно-штучных СП, перевозимых в СПК можно определить, как

$$q_{\Gamma} = q_{\Gamma\text{м}} \cdot K_{\Gamma\text{м}} \cdot n_{\Gamma\text{м}} = V_{\Gamma\text{м}} \cdot V_{\text{уд}} \cdot K_{\Gamma\text{о}} \cdot K_{\Gamma\text{м}} \cdot n_{\Gamma\text{м}} = a_{\text{к}} \cdot b_{\text{к}} \cdot c_{\text{к}} \cdot V_{\text{уд}} \cdot K_{\Gamma\text{о}} \cdot K_{\Gamma\text{м}} \cdot n_{\Gamma\text{м}} \quad (1)$$

где $q_{\Gamma\text{м}}$ – масса брутто контейнера, т; $n_{\Gamma\text{м}}$ – количество контейнеров в автомобиле; $K_{\Gamma\text{м}}$ – доля СП в грузовом месте по массе; $V_{\Gamma\text{м}}$ – объем контейнера, м³; $V_{\text{уд}}$ – удельная масса тарно-штучных СП, т/м³; $K_{\Gamma\text{о}}$ – доля СП в грузовом месте по объёму; $a_{\text{к}}$, $b_{\text{к}}$, $c_{\text{к}}$ – соответственно длина, ширина, высота контейнера, м.

Доля СП в контейнере по массе определится как

$$K_{\Gamma\text{м}} = \frac{q_{\Gamma}}{q_{\Gamma\text{м}}}, \quad (2)$$

где q_{Γ} – масса нетто контейнера, т.

Аналогично, доля СП в грузовом месте по объему определится как

$$K_{\text{го}} = \frac{V_{\text{г}}}{V_{\text{гм}}}, \quad (3)$$

где $V_{\text{г}}$ – объем камеры для размещения груза в контейнере, м³.

Количество грузовых мест, перевозимых в ТС, при удовлетворении условий размещения контейнеров по размерам и объему партии, определяется из условия наибольшего использования грузоподъемности автомобиля:

$$n_{\text{гм}} = \frac{Q_{\text{а}}}{q_{\text{гм}}}. \quad (4)$$

где $Q_{\text{а}}$ – номинальная грузоподъемность автомобиля, т. Полученное в (4) значение округляется в меньшую сторону.

Таким образом, масса продуктов, перевозимых в ТС, составит:

$$q_{\text{гр}} = \frac{a_{\text{к}} \cdot b_{\text{к}} \cdot c_{\text{к}} \cdot n_{\text{гм}} \cdot V_{\text{уд}} \cdot q_{\text{г}} \cdot V_{\text{г}}}{q_{\text{гм}} V_{\text{гм}}}, \quad (5)$$

Изменение применяемой технологии доставки ведет к изменению положения центра тяжести автомобиля, что в свою очередь влияет на показатели устойчивости транспортного средства. Это изменение необходимо учитывать для обеспечения надежности и безопасности процесса доставки грузов по технологии с использованием мелких контейнеров. Высота центра тяжести автомобиля с грузом в данном случае составит:

$$h_{\text{ц}} = \frac{h_{\text{ц.тс.}} \cdot q_{\text{тс}} + (h_{\text{ц.гм.}} + h_{\text{погр}}) \cdot q_{\text{гм}} n_{\text{гм}}}{q_{\text{тс}} + q_{\text{гм}} n_{\text{гм}}} \quad (6)$$

где $h_{\text{ц}}$ – высота центра тяжести автомобиля с грузом; $q_{\text{тс}}$ – масса пустого автомобиля, т; $h_{\text{ц.тс.}}$ – высота центра тяжести пустого автомобиля, м; $h_{\text{ц.гм.}}$ – высота центра тяжести контейнера от опорной поверхности, м; $h_{\text{погр}}$ – погрузочная высота автомобиля, м.

Чем выше значение критической скорости на вираже, тем ниже вероятность опрокидывания автомобиля. Критическая скорость будет определяться по формуле [1, С. 110]:

$$v_{\text{к.о.}} = 3,6 \sqrt{\frac{(B + 2h_{\text{ц}} \text{tg} \delta) g R}{2h_{\text{ц}} - B \text{tg} \delta}} = 3,6 \sqrt{\frac{\left(B + 2 \frac{h_{\text{ц.тс.}} \cdot q_{\text{тс}} + (h_{\text{ц.гм.}} + h_{\text{погр}}) \cdot q_{\text{гм}} n_{\text{гм}}}{q_{\text{тс}} + q_{\text{гм}} n_{\text{гм}}} \text{tg} \delta \right) g R}{2 \frac{h_{\text{ц.тс.}} \cdot q_{\text{тс}} + (h_{\text{ц.гм.}} + h_{\text{погр}}) \cdot q_{\text{гм}} n_{\text{гм}}}{q_{\text{тс}} + q_{\text{гм}} n_{\text{гм}}} - B \text{tg} \delta}} \quad (7)$$

где B – колея автомобиля, м; δ – угол поперечного уклона дороги, град; R – радиус кривизны поворота, м.

Расчеты по формулам (6) и (7) для используемых в городской доставке типов автомобилей показывают, что применение контейнерной технологии доставки ведет к увеличению высоты центра тяжести автомобиля с грузом до 5 % и уменьшению критической скорости на вираже по условию опрокидывания до 3 % в сравнении с европаллетной технологией.

Увеличение силы аэродинамического сопротивления негативно влияет на тягово-скоростные характеристики автомобиля, такие как максимальная скорость и ускорение. Следовательно, целесообразно уменьшать ее значение [1, С. 35]:

$$P_{\text{ад}} = k F_{\text{а}} v^2 = k B (h_{\text{погр}} + c_{\text{к}} + h_{\text{з}} + h_{\text{корп}}) v^2. \quad (8)$$

где k – коэффициент обтекаемости автомобиля, $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}$; $F_{\text{а}}$ – лобовая площадь автомобиля, м²; v – скорость

автомобиля, принимается значение $v=16,7$ м/с.

На техническую скорость автомобиля оказывают влияние такие показатели, как эффективная мощность двигателя, полная масса автомобиля, критическая скорость автомобиля на вираже по условию опрокидывания, сила аэродинамического сопротивления движению автомобиля и время выпуска на линию. Известно, что в ночное время техническая скорость автомобиля растет благодаря малой загруженности автодорог. Вследствие невозможности точного количественного определения зависимости технической скорости от вышеуказанных показателей, изобразим зависимость в виде пятифакторной регрессионной модели:

$$v_{\text{т}} = f(q_{\text{ам}}, v_{\text{ко}}, P_{\text{ад}}, N_{\text{кол}}, T_{\text{л}}) = b_0 + b_1 q_{\text{ам}} + b_2 v_{\text{ко}} + b_3 P_{\text{ад}} + b_4 N_{\text{е}} + b_5 T_{\text{л}} \quad (9)$$

В качестве результирующего показателя, определяющего эффективность применения предлагаемой технологии, принимается суточная производительность автомобиля в тоннах. Данный показатель является ключевым в определении количества транспортных средств, требуемых для выполнения суточного объема перевозок.

Известно, что производительность автомобиля целесообразно повышать для увеличения эффективности его использования. Следовательно, сформированная целевая функция на примере [2, С. 158] примет вид:

$$U_{\text{дн}} = \frac{a_k \cdot b_k \cdot c_k \cdot n_{\text{гм}} \cdot V_{\text{уд}} \cdot q_{\text{г}} \cdot V_{\text{г}} \cdot T_{\text{н}} \cdot \beta \cdot v_{\text{т}}}{q_{\text{гм}} V_{\text{гм}} \left(l_{\text{ег}} + \beta \cdot v_{\text{т}} \left(t_{\text{ман1}}^{\text{п}} + n_{\text{гм}} \cdot (t_{\text{погр}} + t_{\text{разг}}) + t_{\text{док}}^{\text{п}} + t_{\text{ман2}}^{\text{п}} + t_{\text{ман1}}^{\text{р}} + t_{\text{прием}} + t_{\text{док}}^{\text{р}} + t_{\text{ман2}}^{\text{р}} \right) \right)} \rightarrow \max \quad (10)$$

при следующих ограничениях [5]:

$$\begin{aligned} a_{\text{ка}} &\geq a_{\text{пк}} = \max \left\{ n_{\text{кдi}} \cdot a_{\text{к}} + n_{\text{кшi}} \cdot b_{\text{к}} + (n_{\text{кдi}} + n_{\text{кшi}} - 1) \cdot a_3 \right\}; \\ b_{\text{ка}} &\geq b_{\text{пк}} = \max \left\{ n_{\text{кдj}} \cdot b_{\text{к}} + n_{\text{кшj}} \cdot a_{\text{к}} + (n_{\text{кдj}} + n_{\text{кшj}} - 1) \cdot b_3 \right\}; \\ h_{\text{ка}} &\geq c_{\text{к}} + h_3; \\ V_{\text{г}} &= \max \left\{ n_{\text{кдi}} \cdot a_{\text{к}} + n_{\text{кшi}} \cdot b_{\text{к}} + (n_{\text{кдi}} + n_{\text{кшi}} - 1) \cdot a_3 \right\} \times \\ &\times \max \left\{ n_{\text{кдj}} \cdot b_{\text{к}} + n_{\text{кшj}} \cdot a_{\text{к}} + (n_{\text{кдj}} + n_{\text{кшj}} - 1) \cdot b_3 \right\} \cdot (c_{\text{к}} + h_3) \leq V_{\text{ка}}; \\ n_{\text{гм}} \cdot q_{\text{гм}} &\leq Q_{\text{а}}. \end{aligned} \quad (11)$$

где $t_{\text{погр}}$ – время погрузки контейнера в транспортное средство из зоны отгрузки склада, ч; $t_{\text{док}}^{\text{п}}$ – время оформления документов в пункте погрузки, ч; $t_{\text{ман1}}^{\text{п}}$ и $t_{\text{ман2}}^{\text{п}}$ – время маневрирования ТС до и после погрузки, соответственно, ч; $t_{\text{разг}}$ – время разгрузки контейнера из транспортного средства в зону приемки склада, ч; $t_{\text{прием}}$ – время сверки по количеству и качеству (приемки) товара, ч; $t_{\text{док}}^{\text{р}}$ – время оформления документов в пункте разгрузки, ч; $t_{\text{ман1}}^{\text{р}}$ и $t_{\text{ман2}}^{\text{р}}$ – время маневрирования ТС до и после разгрузки, соответственно, ч; $a_{\text{пк}}$ – наибольшая длина партии контейнеров в кузове, м; $b_{\text{пк}}$ – наибольшая ширина партии контейнеров в кузове, м; a_3 – зазор между контейнерами в продольном ряду, м; b_3 – зазор между контейнерами в поперечном ряду, м; h_3 – зазор между верхней поверхностью контейнера и потолком кузова ТС, м; $h_{\text{ка}}$ – высота кузова автомобиля, м; $h_{\text{корп}}$ – толщина корпуса кузова автомобиля, м; $n_{\text{кдi}}$ – количество контейнеров в продольном i-м ряду, размещенных в длину сонаправленно с движением ТС; $n_{\text{кшi}}$ – количество контейнеров в продольном i-м ряду, размещенных в длину перпендикулярно движению ТС; $n_{\text{кдj}}$ – количество контейнеров в поперечном j-м ряду, размещенных в длину сонаправленно с движением ТС; $n_{\text{кшj}}$ – количество контейнеров в поперечном j-м ряду, размещенных в ширину перпендикулярно движению ТС.

Требуемое количество автомобилей для выполнения суточного плана перевозок определится по следующей формуле:

$$A_{\text{м}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{U_{\text{дн}}} \quad (12)$$

Для $a_{\text{к}}=0,8$ м, $b_{\text{к}}=1,2$ м, $c_{\text{к}}=1,8$ м, $K_{\text{гм}}=0,95$, $K_{\text{го}}=0,75$, $T_{\text{н}}=8$ ч, $\beta=0,8$, $V_{\text{т}}=27$ км/ч, $t_{\text{п-р}}=2,5$ ч и $Q_{\text{сут}}=60$ т, построены графики зависимости $U_{\text{дн}}$ и $A_{\text{м}}$ от количества контейнеров в кузове автомобиля $n_{\text{гм}}$ (рис. 1).



Рис. 1 – Зависимость суточной производительности автомобиля и количества автомобилей от количества контейнеров в единице ПС

Блок-схема алгоритма методики выбора ПС представлена на рис. 2. Работа алгоритма начинается с ввода исходных данных о маршрутах, о суточном объеме перевозок и о контейнере.

Алгоритм предусматривает формирование массива данных о ПС, доступном для использования. Элементы массива представляются в виде:

$$A_i = \{ a_{\text{ка}i}, b_{\text{ка}i}, c_{\text{ка}i}, h_{\text{погр}i}, h_{\text{корп}i}, q_{\text{тс}i}, Q_{\text{а}i}, h_{\text{ц.тс.}i}, B_i, t_{\text{погр}}, t_{\text{док}}^{\text{п}}, t_{\text{ман1}}^{\text{п}}, t_{\text{ман2}}^{\text{п}}, t_{\text{разг}}, t_{\text{прием}}, t_{\text{док}}^{\text{р}}, t_{\text{ман1}}^{\text{р}}, t_{\text{ман2}}^{\text{р}} \} \quad (13)$$

Следующим шагом алгоритма является расчет суточной производительности ПС различных видов для различных вариантов размещения контейнеров в кузове. Для упрощения расчетов принимаются следующие варианты размещения:

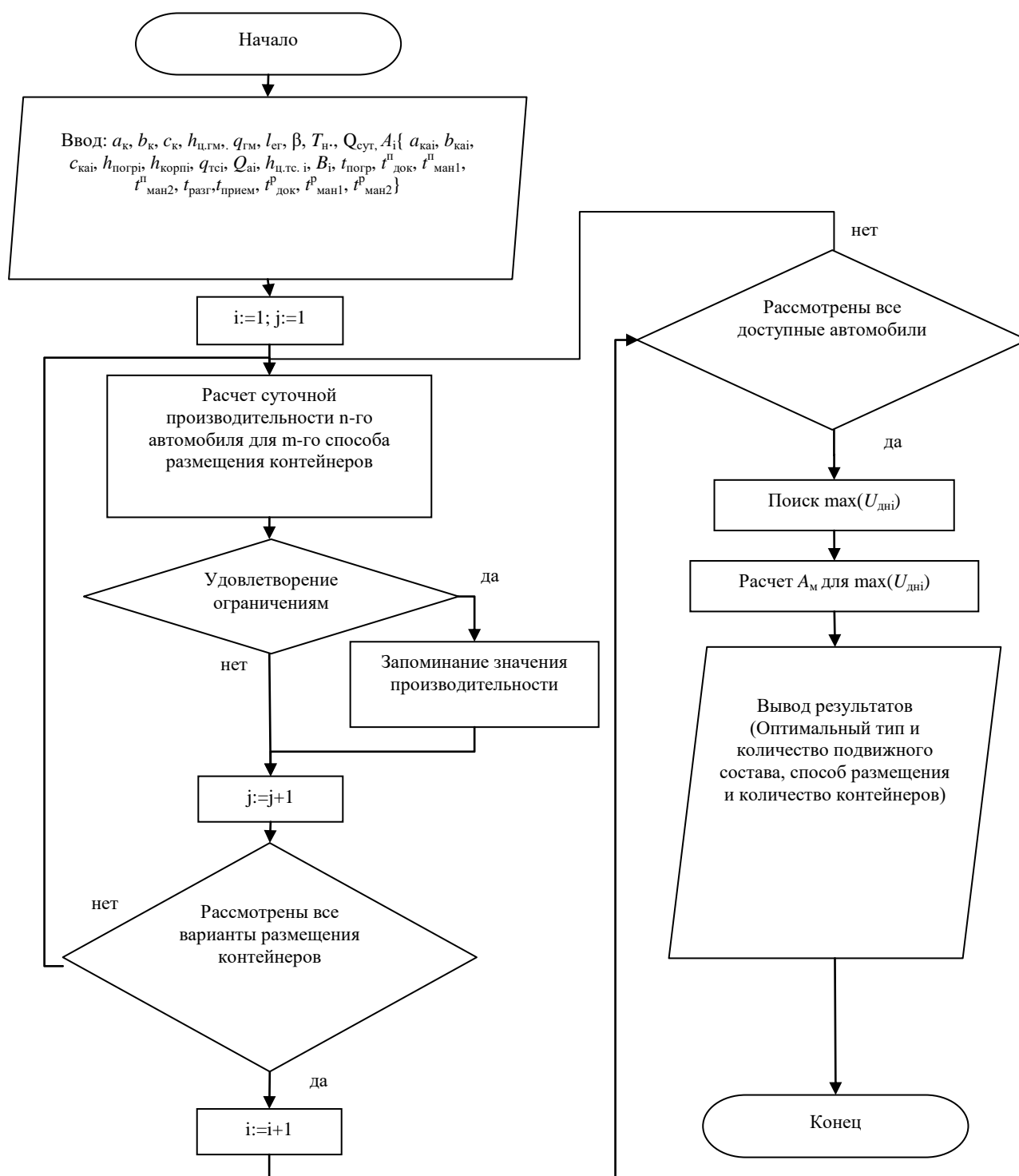


Рис. 2 – Блок-схема алгоритма выбора оптимального подвижного состава и его количества для мелкоконтейнерной технологии доставки

1) Все контейнеры расположены в длину в направлении движения автомобиля, при этом:
 $n_{гм1} = (a_{ка} \div (a_k + a_3)) \cdot (b_{ка} \div (b_k + b_3)); n_{клі} = (a_{ка} \div (a_k + a_3)); n_{кші} = 0; n_{клj} = (b_{ка} \div (b_k + b_3)); n_{кдж} = 0;$

2) Все контейнеры расположены в ширину в направлении движения автомобиля, при этом:
 $n_{гм2} = (a_{ка} \div (b_k + b_3)) \cdot (b_{ка} \div (a_k + a_3)); n_{клі} = 0; n_{кші} = (a_{ка} \div (a_k + a_3)); n_{клj} = 0;$
 $n_{кдж} = (b_{ка} \div (b_k + b_3));$

3) Контейнеры расположены в два продольных ряда так, что в одном ряду контейнеры в длину, а в другом в ширину в направлении движения автомобиля, при этом: $n_{\text{ГМЗ}} = (a_{\text{ка}} \operatorname{div}(a_{\text{к}} + a_3)) + (a_{\text{ка}} \operatorname{div}(b_{\text{к}} + b_3));$
 $n_{\text{КДІ}} = (a_{\text{ка}} \operatorname{div}(a_{\text{к}} + a_3)); n_{\text{КШІ}} = (a_{\text{ка}} \operatorname{div}(b_{\text{к}} + b_3)); n_{\text{КДІ}} = 1; n_{\text{КШІ}} = 1.$

При каждом варианте размещения окончательно принимается $n_{\text{ГМ}}$, скорректированное с учетом грузоподъемности рассматриваемого транспортного средства:

$$n_{\text{ГМ}} = \min(n_{\text{ГМі}}, Q_{\text{а}} / q_{\text{ГМ}}). \quad (14)$$

Для каждого варианта размещения при удовлетворении ограничений модели, предусмотренных выражением (11), рассчитанное значение производительности запоминается, происходит расчет производительности для следующей модели автомобиля и так далее до окончания массива данных об автомобилях.

На следующем шаге, среди данных о производительности автомобилей выбирается наибольшее значение суточной производительности, рассчитывается требуемое количество автомобилей, требуемое для выполнения суточного объема перевозок. Заключительный этап – вывод данных об оптимальном типе и количестве ПС, способе размещения и количестве контейнеров.

Список литературы / References

1. Вахламов, В. К. Конструкция, расчет и эксплуатационные свойства автомобилей [Текст] : учеб. пособие / В. К. Вахламов. - М. : ИЦ "Академия", 2007. - 556, [1] с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 978-5-7695-3793-6.
2. Майборода М.Е. Грузовые автомобильные перевозки : учебное пособие / М.Е. Майборода, В.В. Беднарский. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 422, [1] с. – (Среднее профессиональное образование).
3. Ханин Д.М., Рябов И.М. Недостатки существующей технологии и организации городской доставки молочной продукции и разработка новой на основе предложенных передвижных контейнеров // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/32TVN516.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.
4. Ханин, Д.М. Новая технология доставки молочных продуктов в городах с использованием специализированных контейнеров / Д.М. Ханин // Известия ВолгГТУ. Сер. Наземные транспортные системы. Вып. 12. - Волгоград, 2015. - № 6 (166). - С. 60-63.
5. Ханин, Д.М. Ограничения к модели выбора автомобиля при доставке скоропортящихся продуктов в специализированных передвижных контейнерах / Д.М. Ханин, И.М. Рябов // VIII международная научно-практическая конференция «Российская наука в современном мире». (Москва, 14 фев. 2017 г.) : тез. докл. / отв. ред. В.Б. Соловьев ; Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2017. - С. 86-89.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vahlamov, V. K. Konstrukcija, raschet i jekspluatacionnye svojstva avtomobilej [Construction, design and operational properties of vehicles] [Text] : textbook / V. K. Vahlamov. - M. : IC "Akademija", 2007. - 556, [1] p. - (Vysshee professional'noe obrazovanie) [High professional education]. - ISBN 978-5-7695-3793-6. [in Russian]
2. Majboroda M.E. Gruzovye avtomobil'nye perevozki [Automobile cargo moving] : textbook / M.E. Majboroda, V.V. Bednarskij. – 2nd edition. – Rostov n/D : Feniks, 2008. – 422, [1] p. – (Srednee professional'noe obrazovanie) [Medium professional education] [in Russian]
3. Hanin D.M., Rjabov I.M. Nedostatki sushhestvujushhej tehnologii i organizacii gorodskoj dostavki molochnoj produkcii i razrabotka novoj na osnove predlozhennyh peredviznyh kontejnerov [Disadvantages of existing technology and organization of urban dairy products delivery and development of the new one based on offered vable containers] // Internet journal «NAUKOVEDENIE» Vol. 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/32TVN516.pdf> (free access). Heading from screen. Lang. rus., en. [in Russian]
4. Hanin, D.M. Novaja tehnologija dostavki molochnyh produktov v gorodah s ispol'zovaniem specializirovannyh kontejnerov [The new technology of dairy products delivery in cities using specialized containers] / D.M. Hanin // Izvestija VolgGTU [The news of VSTU]. Ser. Nazemnye transportnye sistemy [Series Ground transportation systems]. Vol. 12. - Volgograd, 2015. - № 6 (166). - P. 60-63. [in Russian]
5. Hanin, D.M. Ogranichenija k modeli vybora avtomobilja pri dostavke skoroportjashhihsja produktov v specializirovannyh peredviznyh kontejnerah [Limitations to the model of vehicle selection within perishable goods delivery in specialized movable containers] / D.M. Hanin, I.M. Rjabov // VIII mezhduнародnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Rossijskaja nauka v sovremennom mire». [VIII international scientific-practical conference “Russian science in the modern world”] (Moscow, 14 feb. 2017 y.) : proceedings / resp. ed. V.B. Solov'ev ; Moscow: «Research and Publishing Center «Actualnots.RF», 2017. - P. 86-89 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.060>Швецов И.В.¹, Беляков В.Н.², Желнов Д.В.³, Зубарев Ю.М.⁴, Круглов А.И.⁵¹ORCID: 0000-0003-3668-307X, доктор технических наук, профессор,²кандидат технических наук, доцент, ³аспирант^{1,2,3}Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого⁴кандидат технических наук, профессор, ⁵кандидат технических наук, доцент^{4,5}Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**УЛУЧШЕНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИНСТРУМЕНТИОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОГО АЛГОРИТМА****Аннотация**

Применяемые металлические антифрикционные материалы не могут работать без смазки минеральными маслами. Эксперименты на металлических образцах являются пока определяющими для расчета свойств материала, проверке модели, ее корректировки для решения проблем повышения износостойкости. Создание блок-схем программ для расчета тепловых полей методом конечных элементов значительно упрощает и удешевляет создание улучшенного поверхностного слоя инструмента и открывает возможности для компьютерного моделирования качеств этих поверхностей без значительных затрат на лабораторные физические эксперименты. В представленной работе материалы составлены на основании проведенных расчетов и компьютерного моделирования процесса упрочнения поверхностей.

Ключевые слова: надежность, эффективность, экологическая безопасность, инструмент, моделирование.

Shvetsov I.V.¹, Belyakov V.N.², Zhelnov D.V.³, Zubarev Y.M.⁴, Kruglov A.I.⁵¹ORCID: 0000-0003-3668-307X, PhD in Engineering, professor,²PhD in Engineering, associate professor, ³postgraduate student,^{1,2,3}Novgorod state University named after Yaroslav the Wise,⁴PhD in Engineering, professor,⁵PhD in Engineering, associate professor,^{4,5}Saint-Petersburg State Polytechnic University Peter The Great**IMPROVEMENTS OF WORKING SURFACES OF INSTRUMENTS USING COMPUTER SIMULATION BASED ON THE DEVELOPED ALGORITHM****Abstract**

The metal antifriction materials cannot work well without mineral oil lubricants. The experiments on metal samples are still crucial for evaluation of material properties, model testing, and adjusting it for solution of the problems of increasing wear resistance. The development of program flowcharts for the calculation of thermal fields by the finite element method greatly simplifies and reduces the cost of development the improved surface layer of the tool and provides the possibilities for computer simulation of the properties of these surfaces without significant expenses on laboratory physical experiments. The work presents the materials based on the performed calculations and the computer simulation of the surface hardening process.

Keywords: reliability, efficiency, environmental safety, tool, modeling.

В настоящее время не имеется сведений об экспериментальных методах, позволяющих непосредственно наблюдать изменения структуры вещества при пластическом деформировании и разрушении материала. Поэтому микроскопическое исследование поведения вещества может быть выполнено лишь на основе моделирования методом молекулярной динамики процессов [1]. Однако, несмотря на достаточно большое количество работ, выполненных методами молекулярной динамики, прямого подтверждения изменения структуры материала в условиях высокой динамики процессов не получено.

Для описания поля внешнего воздействия может быть использован известный механизм размножения самой дислокации, когда последняя является источником новых дислокаций по механизму, отличающемуся от механизма Франка-Рида [1]. Пусть атомные связи примесей и их соединений в виде карбидов и сульфидов железа в сталях и чугунах, в известной мере, условны, поскольку они не намного слабее взаимодействия в относительно правильной кристаллической решетке. Под влиянием касательных напряжений в плоскости скольжения дислокаций происходит разрыв связей с образованием новых связей, что ведет к перемещению их на одно межатомное расстояние [1]. Критическое напряжение, необходимое для осуществления смещения атомов в ядре дислокации значительно под воздействием внешних сил и должно быть больше стартового напряжения, поэтому данный процесс начинается со скольжения, а затем образуются две парные дислокации. Далее этот процесс в результате действия сжимающих сил, действующих на элементарный объем снимаемой стружки, приводит к образованию противоположных дислокаций, так как конфигурация с двойным вектором Бюргерса является неустойчивой. Поэтому в результате динамического нагружения образуются две новые дислокации противоположных знаков, каждая из которых может, в свою очередь, является источником зарождения новой пары дислокаций [1].

Описанный процесс разложения дислокаций характеризует увеличение плотности дислокаций в динамически деформируемой кристаллической решетке. Это частично объясняет процесс развития микротрещин и полос скольжения, структурных изменений в материале и скачкообразный массоперенос вещества в условиях механической обработки, хотя не дает точных количественных моделей на современном этапе. Поэтому следует либо постулировать необходимые закономерности, либо использовать соотношения, полученные известными методами в условиях обычной квазистатической деформации. Для этого рассмотрим процесс стружкообразования при резании металлов, сопровождающихся отделением срезаемого слоя, развитием микротрещин и полос скольжения, структурными

изменениями под влиянием силового и температурного полей в процессе пластичной деформации, нарушением элементарных связей между молекулами и атомами в поликристалле и т.д.

Строение кристаллической решетки железных сплавов и чугунов обусловлено их химическим составом, наличием примесей, которые в различной степени влияют на пластическое деформирование и разрушение срезаемого слоя при превращении его в стружку. Появление микротрещин в карбидных соединениях, действующих в ферритной матрице сталей и ряде чугунов, как мощный концентратор напряжений создает зародыши уже при 1% деформации. Это намного ниже, чем при пластическом деформировании и разрушении снимаемой стружки.

В машиностроении широко применяют технологии изменения физико-механического состояния поверхности детали. На рисунке 1. представлена физическая модель, показывающая различные мероприятия технологии, которые направлены для изменения физико-механического состояния (физико-химического состояния) как всего объема материала, из которого выполнен элемент пары трения, так тонкого поверхностного слоя. Исследования металлических образцов являются пока определяющими расчетными методами свойств материала, проверке модели, ее корректировки для решения проблем повышения износостойкости. Путем использования компьютерного моделирования возникшие проблемы значительно снижают объем, сложность и стоимость [2], [3], [4].

Создание блок-схем программ, необходимых для расчета тепловых полей методом конечных элементов в значительной степени упрощает и удешевляет создание улучшенного поверхностного слоя инструмента и открывает пути компьютерного моделирования качеств этих поверхностей без значительных затрат на лабораторные физические эксперименты.

В таблице 1 представлена схема, иллюстрирующая методы, которые позволяют изменять физико-механическое состояние поверхностного слоя пар трения.

Таблица 1 – Методы, позволяющие изменять физико-механическое состояние поверхностного слоя пар трения

Изменение физико-химического *(физико-механического) состояния поверхностного слоя	Специальные виды термической обработки поверхностей	Нанесение регулярного микрорельефа
		Азотирование
		Сульфацианирование
		Цианирование
	Объемная закалка	
	Поверхностная закалка	
	Механические виды упрочнения поверхностей	Накатывание роликами и шариками
		Виброобкатывание
		Нанесение регулярного микрорельефа
	Гальванические покрытия	Хромирование
		Анодирование
		Кадмирование
		Серебрение
	Плазменное напыление	Высокотемпературная плазма
		Низкотемпературная плазма
		Ионно-вакуумная модификация
		Упрочнение взрывом
		Лазерное упрочнение

Данные методы можно разделить на следующие категории:

- группа технологий, которая связана с объемной закалкой или термообработкой, направленной на увеличение твердости материала;
- технологические операции, направленные на закалку поверхностного слоя, например, токами высокой частоты;
- технологические операции, связанные с известными способами поверхностной термической обработки, как цементация с последующей закалкой и отпуском, либо азотирование, цианирование, сульфацианирование и т.др.;
- технологические операции, связанные с нанесением гальванических покрытий, такие как хромирование, анодирование, кадмирование, меднение, серебрения и т.др.;
- механические технологические операции упрочняющих видов поверхностной обработки: нанесение регулярного микрорельефа; виброобкатывание; накатывание роликами и шариками и т.др.;
- методы плазменного напыления, которые можно разделить на две группы: высокотемпературная плазма; низкотемпературная плазма;
- методы ионно-вакуумной модификации поверхности или их еще называют ионной имплантацией;
- методы упрочнения поверхности взрывом;
- методы лазерного упрочнения поверхности.

Одним из наиболее перспективных методов является способ плазменного напыления, позволяющего модифицировать поверхность материала до требуемых технических параметров, таких как твердость, шероховатость, остаточные поверхностные напряжения.

Однако применение плазменного напыления сопровождается рядом трудностей, таких как возможности появления дефектного слоя растягивающих остаточных напряжений, микротрещин.

Данные дефекты происходят при неправильной технологии напыления или при ее не соблюдении. Разработка технологии наплавки сопровождается проведением исследований в условиях, приближенным к реальным. Для

снижения затрат на исследования допустимо использование компьютерного моделирования процессов наплавки. В сравнении с выполнением естественных “натуральных” экспериментальных исследований, компьютерное моделирование предусматривает предварительные работы по разработке моделей в виде программного обеспечения. Вместе с тем в перспективе эксперименты на модели влияют достаточно более оперативно, дешево и эффективно.

Для назначения рациональных параметров напыления возможно применение новых ЭВМ и пакета прикладных программ, которые позволяют реализовать вычисления методом конечных элементов. Основной вопрос метода конечных элементов состоит в том, что любую непрерывную величину, такую, как температура, давление и перемещение, можно аппроксимировать дискретной моделью, которая состоит на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей.

Кусочнонепрерывные функции определяют путем данных непрерывной величины в конечном числе точек исследуемой области. Для исследования теплodeформационных полей сначала задается форма объекта, для которой будут производиться вычисления. После чего форма разбивается на элементы. Считается, что на каждом конкретном элементе все характеристики материала, такие как температура, напряжение, деформация, перемещения, а так же физико-химические свойства материала, не изменяются или изменяются линейно.



Рис. 1 – Блок-схема программы, реализующий расчет тепловых полей методом конечных элементов

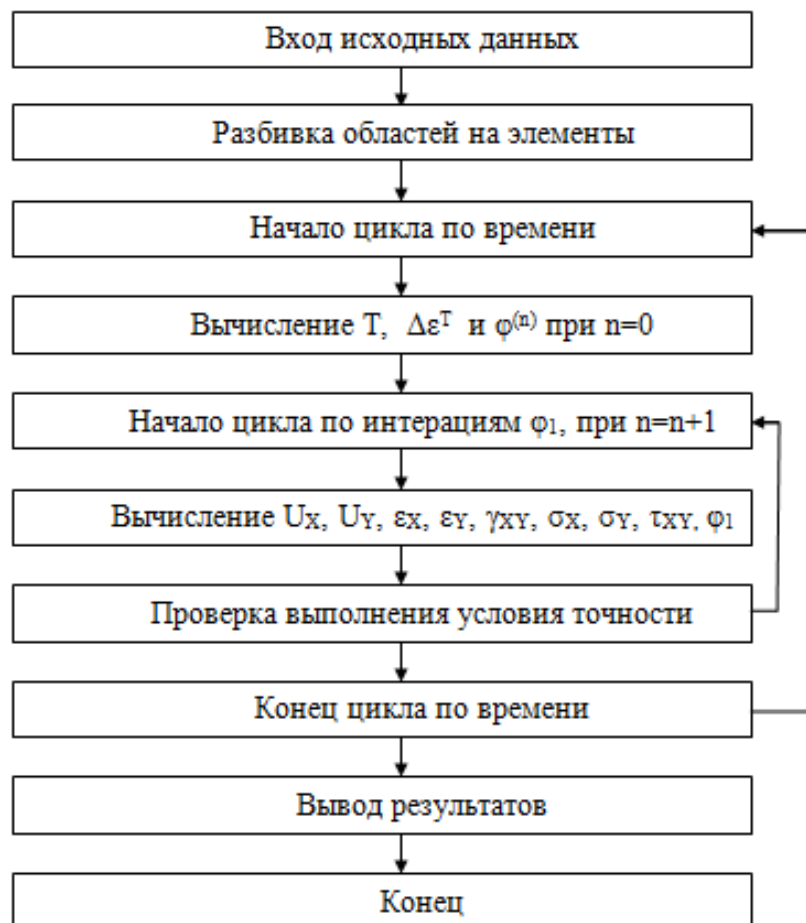


Рис. 2 – Блок-схема программы, реализующей расчет плоско напряженного состояния

Расчет тепловых полей производится по алгоритму (Рис. 1), а расчет напряжений производится по алгоритму (Рис. 2). В частности, описание физико-химико-механических процессов представлено в литературе [2,3,4].

В представленной работе материалы составлены на основании проведенных расчетов и компьютерного моделирования процесса упрочнения поверхностей на кафедре “Автоматы” в Санкт-Петербургском Политехническом Университете, которые позволяют рекомендовать данные программы для нанесения износостойких покрытий в машиностроении.

Список литературы / References

1. Швецов И.В. Физико-химико-механические процессы в производстве: монография / И.В. Швецов; НовГУ им. Ярослава Мудрого. Великий Новгород, 2017. - 100 с.
2. Волков В.Ю. Теория и описание программы моделирования: учебно-методическое пособие / В.Ю. Волков. - М.; Берлин: Директ-Медиа, 2014. - 85 с.
3. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций: Учеб. пособие для вузов / С.А. Куркин, В.М. Ховов, Ю.Н. Аксенов и др. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. - 464 с.
4. Кукуджанов В.Н. Компьютерное моделирование деформирования, повреждаемости и разрушения неупругих материалов и конструкций. Учебное пособие. - М.: МФТИ, 2008. - 215 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Shvetsov I.V. Fiziko-khimiko-mekhanicheskiye protsessy v proizvodstve: monografiya [Physical, Chemical and Mechanical Processes in Manufacturing: Monograph] / I.V. Shvetsov; NovSU named after Yaroslav the Wise. Velikiy Novgorod, 2017. - 100 p. [In Russian]
2. Volkov V.Yu. Teoriya i opisaniye programmy modelirovaniya: uchebno-metodicheskoye posobiye [Theory and Description of Simulation Application: Study Guide] / V.Yu. Volkov. - M.; Berlin: Direct-Media, 2014. - 85 p. [In Russian]
3. Komp'yuternoye proyektirovaniye i podgotovka proizvodstva svarnykh konstruksiy: Ucheb. posobiye dlia vuzov [Computer Design and Preproduction of Welded Structures: Student Training Manual] / S.A. Kurkin, V.M. Khovov, Yu.N. Aksenov et al. - M.: Publishing house of BMSTU, 2002. - 464 p. [In Russian]
4. Komp'yuternoye modelirovaniye deformirovaniya, povrezhdhaemosti i razrusheniya neuprugikh materialov i konstruksiy. Uchebnoye posobiye [Kukudzhinov V.N. Computer Simulation of Deformation, Damageability and Destruction of Inelastic Materials and Structures. Tutorial] - M: MIPT, 2008. - 215 p. [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.171>

Шприц М.Л.,

ORCID: 0000-0003-3614-0243,

Аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**ОПЕРАТИВНАЯ ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ****Аннотация**

В статье излагаются результаты исследования организационно-технологической надежности (ОТН) крупных объектов капитального строительства. Приведено уточненное определение организационно-технологической надежности. Предложена оценка ОТН по срокам и стоимости реализации строительного объекта. Показана зависимость ОТН от негативных факторов влияния. Разработана методика расчета оперативной оценки организационно-технологической надежности объектов капитального строительства, приведены рекомендации по интерпретации результатов расчета.

Ключевые слова: организационно-технологическая надежность, негативные факторы влияния, строительно-монтажные работы.

Spric M.L.

ORCID: 0000-0003-3614-0243

post-graduate student, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

**OPERATIONAL EVALUATION OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY
OF CONSTRUCTION PROJECTS****Abstract**

The paper presents the results of the study of organizational and technological reliability (OTR) of large projects on capital construction. The definition of organizational and technological reliability is given, as well as the estimation of OTR in terms of time and cost of realization of the construction object. The dependence of OTR on negative impact factors is shown in the paper. The methodology of the operational evaluation of the organizational and technological reliability of capital construction objects is developed, the recommendations for interpreting the calculation results are given as well.

Keywords: organizational and technological reliability, negative impact factors, construction and installation works.

Возведение крупных объектов капитального строительства в современном мире осуществляется в экстремальных условиях воздействия широкого ряда негативных факторов, снижающих организационно-технологическую надежность строительства и приводящих к нарушению основных показателей строительной деятельности - к срыву сроков, завышению стоимости и снижению требуемого качества. Любые, даже незначительные сбои отдельных элементов или подсистем могут дестабилизировать всю сложную систему организации строительства, привести к срыву сроков и увеличению бюджетной стоимости.

Под организационно-технологической надежностью (ОТН) строительства понимается способность технологических, организационных, управленческих и других решений обеспечить выполнение основных показателей строительства: запланированные сроки, стоимость и нормативное качество возведения объекта в условиях воздействия возмущающих факторов, присущих строительству как сложной динамической системе. В большинстве работ по организационно-технологической надежности строительства в качестве основного показателя надежности системы используется коэффициент готовности K_r . Он представляет собой отношение продолжительности безотказной работы системы за данный период ее функционирования к сумме продолжительности безотказной работы и отказов (сбоев или простоев) за тот же период времени

$$K_r = T / (T + \sum_{i=1}^n t_{от}) \quad (1.1)$$

Где T – продолжительность безотказной работы; $t_{от}$ – продолжительность отказов i -го элемента системы;

Сбои (отказы) в строительном производстве вызываются непредвиденными негативными факторами. Основными показателями успешного строительного производства является реализация проекта в установленные сроки и в рамках установленного бюджета. Каждый негативный фактор, при условии его наступления, имеет определенное влияние на один из этих показателей или на оба. Влияние негативного фактора на сроки проекта можно измерить в увеличении продолжительности выполнения определенной работы или определенного этапа в днях (часах, неделях). Влияние фактора на стоимость строительства можно измерить как увеличение стоимости определенной работы или этапа строительства в рублях (тысячах рублей). Располагая данными о влиянии негативных факторов на сроки строительства и подставив эти данные в формулу (1.1), можно рассчитать организационно-технологическую надежность строительного проекта.

Формула (1.1) позволяет определять организационно-технологическую надежность проекта по влиянию негативных факторов на сроки производства работ, лежащих на критическом пути. Однако, эта формула не учитывает того существенного обстоятельства, что многие строительные работы не лежат на критическом пути; увеличение их продолжительности не оказывает влияния на общие сроки реализации проекта. Тем не менее, увеличение продолжительности таких работ приводит к увеличению их стоимости, в дальнейшем - к непрогнозируемому увеличению стоимости строительства объекта в целом и нехватке капиталовложений для завершения строительства. Следовательно, организационно-технологическая надежность должна рассчитываться по влиянию негативных факторов не только на сроки, но и на стоимость реализации проекта следующим образом. Для

этого целесообразно ввести 2-а показателя организационно-технологической надежности: K_n – надежность по срокам реализации проекта, и K_{rp} – надежность по стоимости реализации проекта.

1. Расчет ОН по срокам (t) реализации проекта:

$$K_{rt} = T_{\text{ПР}} / (T_{\text{ПР}} + \sum_{i=1}^n m_i M_i) \quad (1.2)$$

где $T_{\text{ПР}}$ – срок реализации строительного проекта (дни), установленный на основании технико-экономических показателей строительства объекта; m_i – влияние i -го негативного фактора на сроки строительства проекта (дни/событие); M_i – количество событий i -го негативного фактора влияния (события);

2. Расчет ОН по стоимости (p) реализации проекта:

$$K_{rp} = P_{\text{ПР}} / (P_{\text{ПР}} + \sum_{i=1}^n p_i M_i) \quad (1.3)$$

Где: $P_{\text{ПР}}$ – установленная сметная (бюджетная) стоимость реализации проекта, рассчитанная на основании технико-экономических показателей (млн руб.); M_i – количество событий i -го негативного фактора влияния (события); p_i – влияние i -го негативного фактора на стоимость проекта (млн руб./событие);

Формулы (1.2 и 1.3) свидетельствует о прямой зависимости между организационно-технологической надежностью и влиянием негативных факторов. При отсутствии негативных факторов $K_g \rightarrow$ к «1», а при сумме $m_i M_i \rightarrow \infty$; $K_g \rightarrow$ к «0». Зависимость между организационно-технологической надежностью может быть отображена на рисунке 1.

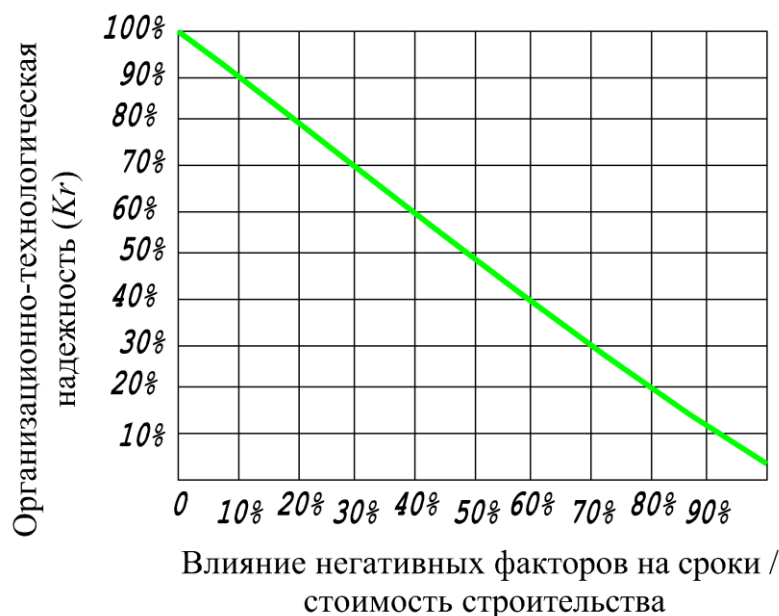


Рис. 1 – Зависимость ОН от факторов влияния

Следовательно, для повышения организационно-технологической надежности и реализации проекта в установленные сроки и в рамках установленного бюджета необходимо располагать данными о прогнозируемых негативных факторах и степени их влияния. На основании данных о влиянии уже случившихся факторов можно точно рассчитать фактическую организационно-технологическую надежность реализованного проекта. Эта информация может быть полезной для анализа реализованного проекта и сбора статистических данных. Значительно важнее для успешной реализации строительного проекта является определение **прогнозируемой** организационно-технологической надежности. Оценить прогнозируемое влияние негативных факторов можно на основании статистических данных по объектам – аналогам, либо, при отсутствии таких данных, на основании проведенного экспертного анализа по выявлению прогнозируемых негативных факторов, оценке вероятности их наступления и оценке их влияния на сроки и стоимость проекта при условии наступления. Эта информация позволит либо предотвратить наступление негативных факторов, либо, когда это невозможно, разработать и своевременно применить мероприятия, способные нейтрализовать негативное влияние.

С целью определения фактической организационно-технологической надежности на конкретный момент времени предлагается **осуществлять оперативную оценку ОН**. На основании проведенного для конкретного проекта анализа влияния возможных негативных факторов и собранных компенсационных мероприятий по их нейтрализации и предупреждению, представляется возможным рассчитать организационно-технологическую надежность на конкретный момент времени с учетом факторного влияния:

1. Расчет ОН по срокам (t) реализации проекта с учетом негативных и позитивных факторов:

$$K_{rt} = (T_{\text{ДПР}} + \sum_{j=1}^n n_j N_j) / (T_{\text{ДПР}} + \sum_{i=1}^n m_i M_i) \quad (1.4)$$

где F_{DIR} – срок реализации строительного проекта (дни), установленный на основании технико-экономических показателей строительства объекта; n_j – прогнозируемое влияние j -го позитивного фактора на сроки строительства проекта (дни/событие); N_j – количество событий j -го позитивного фактора влияния (события). m_i – прогнозируемое влияние i -го негативного фактора на сроки строительства проекта (дни/событие); M_i – количество событий i -го негативного фактора влияния (события);

2. Расчет ОТН по стоимости (p) реализации проекта с учетом негативных и позитивных факторов:

$$K_{rp} = (P_{UST} + \sum_{j=1}^n h_j N_j) / (P_{UST} + \sum_{i=1}^n p_i M_i) \quad (1.5)$$

где N_j , M_i – то же, что в формуле (1.4), F_{UST} – установленная сметная (бюджетная) стоимость реализации проекта, рассчитанная на основании технико-экономических показателей (млн руб.); p_i – прогнозируемое влияние i -го негативного фактора на стоимость проекта (млн руб./событие); h_j – прогнозируемое влияние j -го позитивного фактора на стоимость реализации проекта (млн руб./событие); N_j , M_i – то же, что в формуле (1.4),

Полученные в результате применения формул 1.4 и 1.5 данные могут дать представление о состоянии проекта на конкретный момент времени, помогают прогнозировать его развитие с учетом негативных факторов влияния и оценить достаточность применяемых компенсационных мероприятий.

В современной российской и зарубежной науке в области обеспечения организационно-технологической надежности строительства не существует четко установленных критериев организационно-технологической надежности. Основываясь, в основном, на статистических данных по объектам-аналогам, ведущие специалисты в этой области несколько разные рекомендации, какой должна быть надежность объектов капитального строительства. В соответствии с научно-практическими рекомендациями ведущих отечественных специалистов, рекомендуется обеспечивать организационно-технологическую надежность конкретного проекта в пределах 90-95% или 0,9-0,95. В случае, если в результате расчета значения ОТН получаются ниже, для обеспечения реализации проекта в установленные сроки и в рамках заданного бюджета, рекомендуется разработка и применение дополнительных компенсационных мероприятий.

Список литературы / References

1. Гусаков А. А. Организационно-технологическая надёжность строительства / А. А. Гусаков, С. А. Веремеенко, А. В. Гинзбург и др. – М.: Издательство SvR-Argus, 1994. – 252 с.
2. Гинзбург А. В. Организационно-техническая надежность строительства / А. В. Гинзбург. – М.: Издательство Фонд «Новое тысячелетие», 2002. – 782 с.
3. Шприц М.Л. Организационно-технологическая подготовка строительства многофункциональных комплексов / М. Л. Шприц // Научные аспекты глобализационных процессов. Сб. статей межд. научно-практической конференции. – Уфа.: РИО МЦИИ «Омега сайнс», 2014. – С.28-31.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gusakov A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadiezhnost' stroitelstva [Organizational and Technological Reliability of Construction] / A. A. Gusakov, S. A. Veremeenko, A. V. Ginzburg et. al. - M.: Publishing house SvR-Argus, 1994. – 252 p. [in Russian]
2. Ginzburg A.V. Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadiezhnost' stroitelstva [Organizational and Technical Reliability of Construction] / A.V. Ginzburg. - M.: Publishing house "Novoe tysyacheletie", 2002. – 782 p. [in Russian]
3. Shprints M.L. Organizatsionno-tekhnologicheskaya podgotovka stroitelstva mnogofunktsionalnykh kompleksov [Organizational and Technological Preparation for Construction of Multifunctional Complexes] / M. L. Shprints // Nauchnye aspekty globalizatsionnykh protsessov. Sb. Statey mezhd. nauchno-prakticheskoy konferentsii. [Scientific aspects of globalization processes. Bulletin of Int. Scientific and Practical Conference.] - Ufa.: RIO the MTSII "Omega sains", 2014. – p. 28-31. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.125>

Ямаев М.И.

ORCID: 0000-0001-5860-7997,

Пермский Национальный Исследовательский Политехнический Университет

МЕТОД ВСТРАИВАНИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ВЕЙВЛЕТ-КОЭФФИЦИЕНТЫ АУДИО-СПЕКТРОГРАММЫ**Аннотация**

Ставится проблема защиты авторского права аудиоданных. Рассмотрены устаревшие и современные методы защиты аудио-информации посредством стеганографических водяных знаков. На основе оценки их актуальности и эффективности выбран и проанализирован метод основанный на дискретном-вейвлет преобразовании. Основное преимущество метода заключается в его устойчивости к сжатию с потерями. На основе анализа предложен метод встраивания СВЗ в вейвлет коэффициенты аудио-спектрограммы. Для этих целей используется система математического моделирования MATLAB.

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, стеганография, цифровой водяной знак, аудио-спектрограмма.

Yamaev M.I.

ORCID: 0000-0001-5860-7997,

Perm National Research Polytechnic University

METHOD OF BUILDING IN STEGANOGRAPHIC WATERMARKS IN WAVELET-COEFFICIENTS OF AUDIO SPECTROGRAMMAS**Abstract**

The problem of copyright protection of audio data is presented in the article. We have considered obsolete and modern methods of protecting audio information through steganographic watermarks. Based on the assessment of their relevance and efficiency, we have chosen and analysed the method based on discrete-wavelet transformation. The main advantage of the method is its resistance to compression with losses. On the basis of the analysis, we suggested a method for integrating TWA into wavelet coefficients of an audio spectrogram. The mathematical modeling system MATLAB was used for these purposes.

Keywords: wavelet transformation, steganography, digital watermark, audio spectrogram.

Из-за большого числа возможностей представления звуковой информации в Интернете, её многообразия и колоссальных объёмов распространения, крайне сложно доказать авторство определённых аудиоконпозиций. У правообладателя зачастую возникает упущенная выгода. Технологии, которые позволили бы идентифицировать автора таких данных, являются перспективными и важными.

Данную проблему можно решить с помощью цифровой стеганографии. Цифровая стеганография сегодня имеет 3 направления:

1. Цифровые отпечатки (ЦО, Digital fingerprint), которые подразумевают наличие различных стеганографических меток-сообщений, для каждой копии контейнера.

2. Стеганографические водяные знаки (СВЗ) (Stego Watermarking). В этом случае это наличие одинаковых меток для каждой копии контейнера. К примеру, встраивание в каждый кадр видео-файла специальной идентифицирующей этот файл информации.

3. Скрытая передача данных (СПД). Принципиальное отличие заключается в том, что целью СПД является сама скрытая передача данных, а в случае с СВЗ и ЦО это защита самого контейнера.

К примеру, в видеохостинге «YouTube» используется система цифровых отпечатков (ЦО, fingerprinting, сигнатуры, небольшие фрагменты аудиовизуального содержания). Такие сервисы как «Shazam» и «Yandex Музыка» так же используют цифровые отпечатки для распознавания аудио, но пока такие системы обладают недостаточной точностью и имеют высокие показатели ошибок. Более разумно использовать СВЗ. Для аудио на данный момент нет массово реализуемого алгоритма встраивания таких защитных данных. Основной причиной низкой надёжности методов встраивания СВЗ является обилие форматов звуковых файлов, связанных с различной степенью их сжатия, а так же возросшая с ростом технологий лёгкость обработки аудио сигнала пользователем с последующим его искажением.

Некоторые алгоритмы основываются на встраивании скрытой информации в служебные поля файла (заголовки) [1, С. 240]. Они являются очень уязвимыми. В действительности, злоумышленнику достаточно удалить служебную информацию или заменить на собственную. На данный момент уже появились стеганографические алгоритмы скрытия информации, неплохо удовлетворяющие поставленным требованиям: метод фазового кодирования; метод расширенного спектра; эхо-метод. Основные недостатки использования таких методов как эхо и расширенного спектра заключаются в том, что они вносят шум в аудиофайл, который может быть довольно различимым для человеческого уха. [2, С. 20] Данные методы имеют плохую робастность. Рассмотренные выше методы не устойчивы к большинству злоумышленных атак. Одна из актуальных методик сегодня основана на скрытии информации с применением дискретного вейвлет-преобразования (ДВП или DWT). Выдвигается концепция метода, основанная на применении ДВП в области акустической спектрограммы.

Первые вейвлет-преобразования были разработаны Хааром. Имея одномерный входной сигнал S каждой паре соседних элементов ставятся в соответствии их полусумма и полуразность. После чего данную операцию повторяют для каждого элемента исходного сигнала и получают на выходе два сигнала, один (a_1) из которых является огрублённой версией входного сигнала, а второй (d_1) содержит детализирующую информацию, необходимую для восстановления исходного сигнала. Длина таких сигналов вдвое меньше исходного сигнала. Данный процесс можно снова повторять, но уже на первый полусигнал сигнал (a_1) и получить соответственно a_2 и d_2 . Такой процесс будет называться преобразованием Хаара на глубину 2.

Пакет математического моделирования MATLAB обладает нужными средствами для проведения моделирования. Эти средства обеспечивают тонкий анализ сигналов и обнаружение порою скрытых их особенностей. В системе MATLAB эти средства реализованы в пакете расширения Wavelet Toolbox. [3] Пример преобразования звукового сигнала, с помощью вейвлет-преобразования Хаара на глубину 6 в этой системе (рис. 1, этапы декомпозиции a_1 - a_5 , d_1 - d_5 пропущены). Сигналы a_1 - a_6 - это выходы с фильтров низких частот, а сигналы d_1 - d_6 - это выходы с фильтров высоких частот.

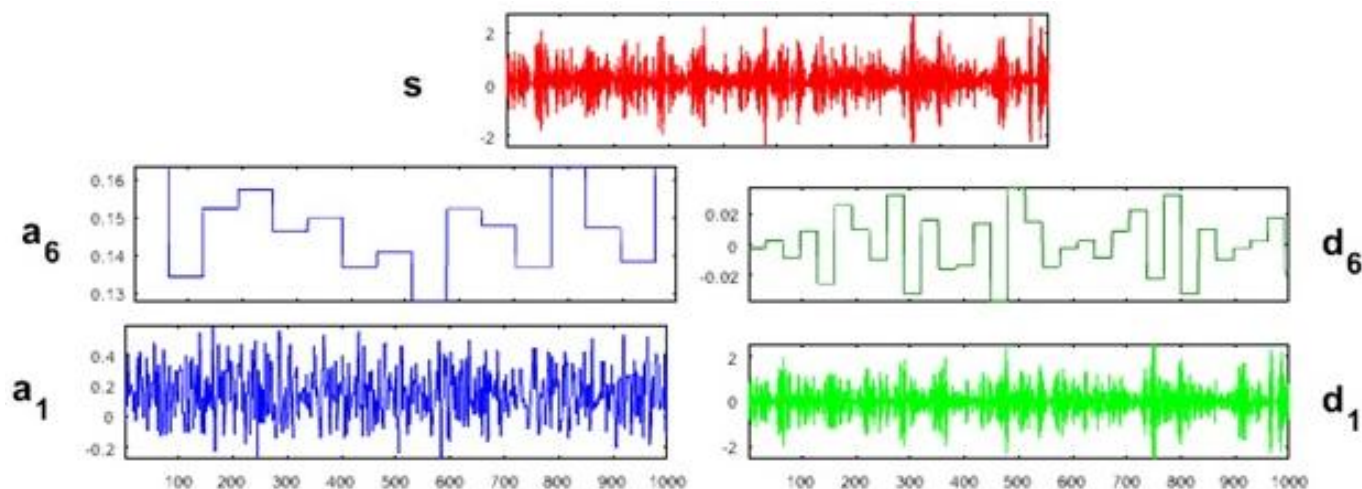


Рис. 1 – Преобразование звукового сигнала, с помощью вейвлет-преобразования Хаара на глубину 6

Рассмотрим алгоритм создания СВЗ при помощи модификации вейвлет-коэффициентов [4, С. 202], [5, С. 201]. Соккрытие производится в области вейвлет-преобразования. Для восстановления сообщения необходимо использовать нужный, заранее определённый вейвлет. Выделение области встраивания производится при помощи усовершенствованного алгоритма Маллата, посредством декомпозиции сигнала аудио-файла S . Как и в случае с ДВП сигнал подаётся на фильтры низких и высоких частот, после чего с помощью операции прореживания формируются массивы коэффициентов аппроксимации и детализирующих коэффициентов на выходах фильтров низких и высоких частот (рис. 2). Таким образом, в результате декомпозиции на глубину L на выходе получают коэффициенты 2^L субполос по $\frac{N}{2^L}$ коэффициентов в полосе. Полученные в результате декомпозиции коэффициенты субполос являются пространством встраивания. Восстановление сигнала производится заменой прямого дискретного вейвлет-преобразования на обратное и прохождением этапов декомпозиции в обратном порядке.

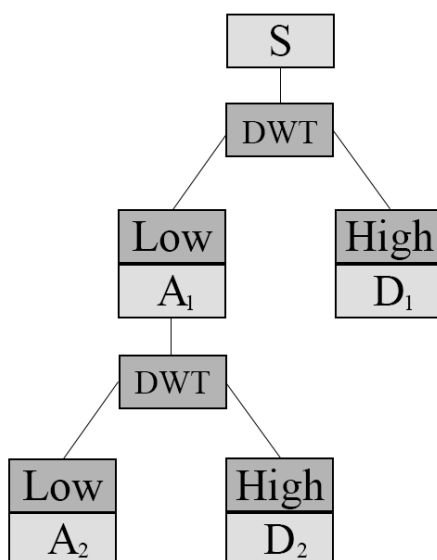


Рис. 2 – Декомпозиция при помощи вейвлет-преобразования на глубину 2

Существуют применения вейвлет-преобразования как двумерно представленных данных (матриц), так и 3D (пространственных матриц, моделей). Упрощённо, изображение представляют собой таблицу, в ячейках которой хранятся цвета каждого пикселя. Значения яркости в цветных изображениях берут целыми из диапазона от 0 до 255. Именно эти значения и пропускаются через «Low» и «High» фильтры. 2D-вейвлет преобразования используют в сжатии изображений, но их так же можно использовать для создания СВЗ. При работе со звуковыми файлами часто удобным инструментом является анализ акустической спектрограммы. С недавнего момента их начали использовать для построения сигнатур, которые, впоследствии, используются для создания ЦО.

Спектрограмма может иметь трёхмерное представление. Отсюда выдвигается гипотеза о возможности применения пространственных фильтров. Для использования вейвлет-преобразования в аудио нужно реализовать 3D-версии фильтрующих банков. В случае с 3D, фильтры применяются по очереди к каждому из трех измерений. Пусть данные имеют размер $N1:N2:N3$ (три измерения). Тогда после применения высокочастотного и низкочастотного фильтров к данным в первом измерении получится два набора данных, каждый из которых будет иметь размеры $\frac{N1}{2}:N2:N3$. После же применения фильтров на втором измерении уже получается четыре набора данных, каждый из которых будет размера $\frac{N1}{2}:\frac{N2}{2}:N3$. Наконец, применяя декомпозицию, получается 8 наборов данных размерами $\frac{N1}{2}:\frac{N2}{2}:\frac{N3}{2}$ (Рис.3.).

В системе MatLab имеется средства работы с пространственными вейвлетами. Данные, в таком случае, представляются тремя векторами (Рис. 4).

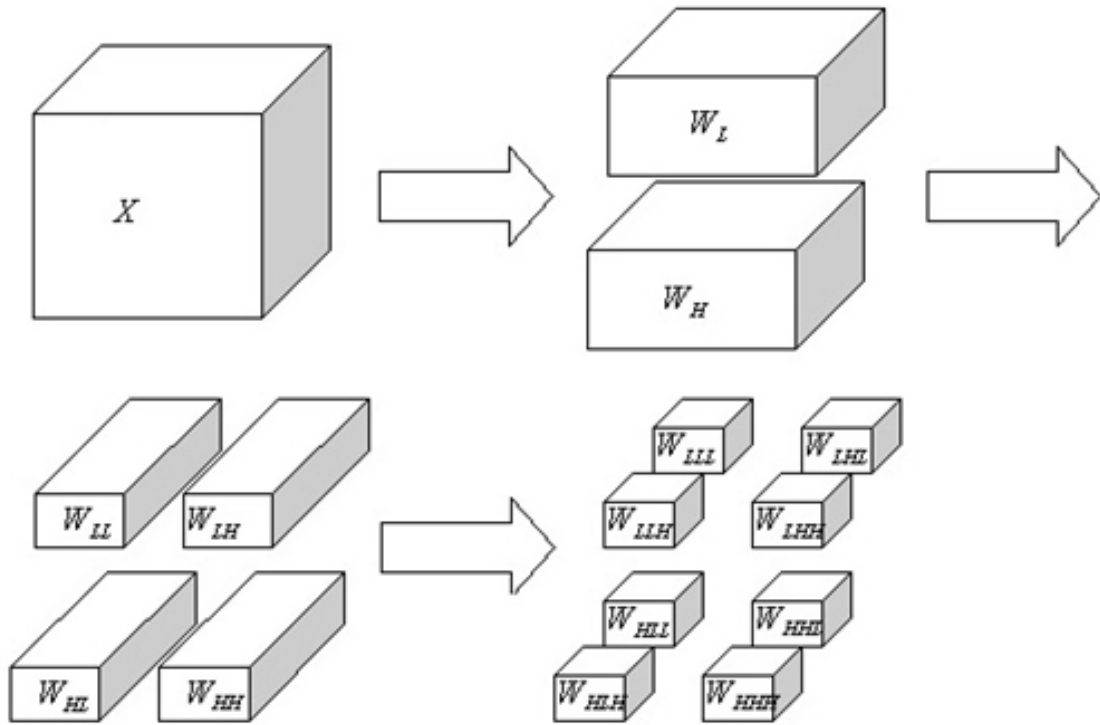


Рис. 3 – Результат уменьшения сигнала в разных измерениях

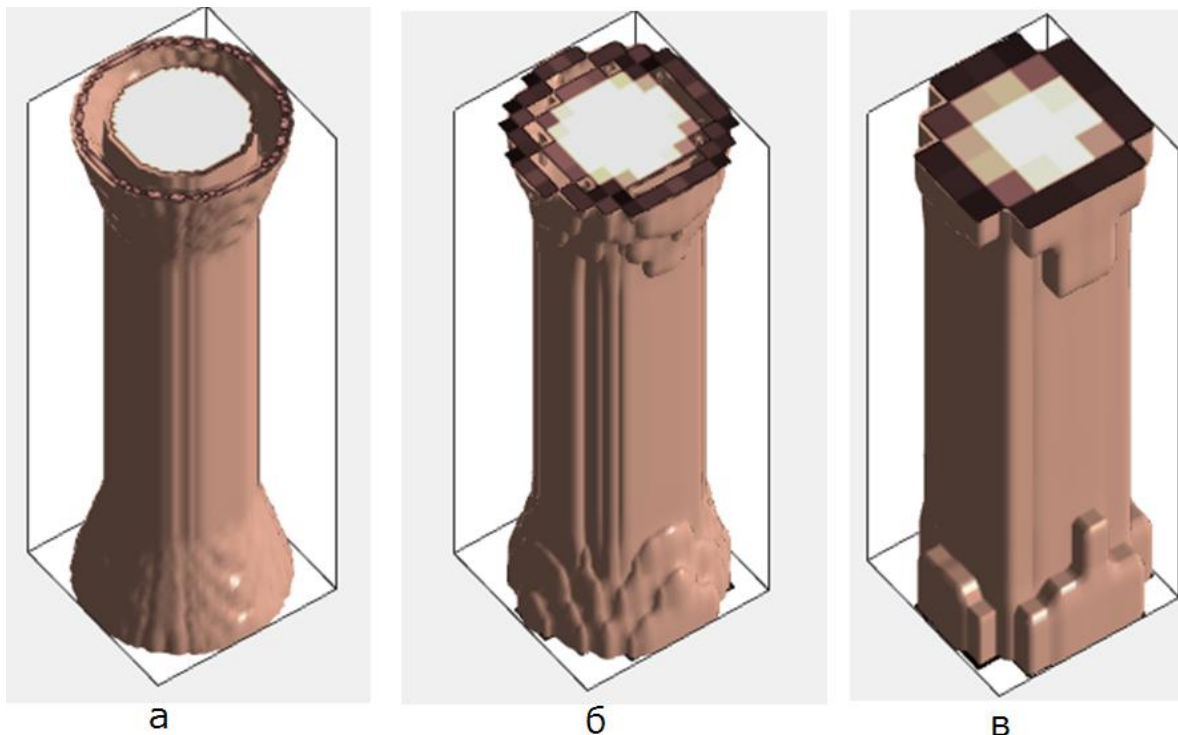


Рис. 4 – Декомпозиция данных представленных тремя векторами в MATLAB
а – исходная 3D модель; б – второй уровень декомпозиции; в – третий уровень декомпозиции

То есть получаем пространственные коэффициенты, которые будут так же модулироваться для хранения СВЗ (внесение информации в области вейвлет-коэффициентов (рис.5).



Рис. 5 – Схема основных процессов необходимых для предполагаемого алгоритма

Стеганография на данный момент всё ещё имеет низкий приоритет исследований в сравнении с криптографией. Но ЦО уже начали использоваться на данный момент для защиты прав на различных сервисах или для более точной работы спецслужб. Применяться СВЗ в аудио будет только тогда, когда алгоритм, который станет достаточно стойким и эффективным к атакам злоумышленника, появится на практике.

Список литературы / References

1. Кокорин П.П. О методах стегоанализа в аудиофайлах // Труды Спирин. – 2005 – С. 164-170.
2. Дьяконов В.П. Вейвлет-анализ в MATLAB реальных осциллограмм // Контрольно-измерительные приборы и системы. - 2010. С.19-25.
3. Нигматуллин Э. В., Ковырзина К. С. Обзор методов цифровой аудио стеганографии // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. XLII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 5(41). URL: [https://sibac.info/archive/technic/5\(41\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/5(41).pdf) (дата обращения: 05.12.2016)
4. Федоров В. М., Макаревич О. Б., Рублев Д. П. Метод стеганографии в аудиосигналах и изображениях, устойчивый к компрессии с потерями // Известия ЮФУ. Технические науки. 2006. №7 С.201-208.
5. Рублёв Д. П., Макаревич О. Б., Федоров В. М. Метод стеганографического встраивания сообщений в аудиоданные на основе вейвлет-преобразования // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. №11 С.199-206.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Kokorin P.P. O metodah stegoanaliza v audiofaylah [About methods of stegoanalysis in audio files] // Trudy Spiiran [SPIIRAS Proceedings]. – 2005 – S. 164-170. [in Russian]
2. Dyakonov V.P. Veyvlet-analiz v MATLAB realnyih ostsillogramm [Wavelet analysis in MATLAB of real oscillograms] // Kontrolno-izmeritelnyye pribory i sistemyi. [Instrumentation and systems] - 2010. P.19-25. [in Russian]
3. Nigmatullin E. V., Kovyirzina K. S. Obzor metodov tsifrovoy audio steganografii [Overview methods of Digital Audio Steganography] // Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Tehnicheskie nauki: sb. st. po mat. XLII mezhdunar. stud. nauch.-prakt. konf. [XLII International Scientific and Practical Conference "Scientific community of students of the XXI century. Technical science"] # 5(41). URL: [https://sibac.info/archive/technic/5\(41\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/5(41).pdf) (data obrascheniya: 05.12.2016) [in Russian]
4. Fedorov V. M., Makarevich O. B., Rublev D. P. Metod steganografii v audiosignalah i izobrazheniyah, ustoychivyy k kompressii s poteryami [The method of steganography in audio signals and images, resistant to lossy compression] // Izvestiya YuFU. Tehnicheskie nauki. [News of SFedU] 2006. #7 P. 201-208. [in Russian]
5. Rublyov D. P., Makarevich O. B., Fedorov V. M. Metod steganograficheskogo vstraivaniya soobscheniy v audiodannyye na osnove veyvlet-preobrazovaniya [The method steganographic embedding of messages into audio data on the basis of wavelet transform] // Izvestiya YuFU. Tehnicheskie nauki. [News of SFedU. Technical science] 2009. #11 P.199-206. [in Russian]

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ / PHARMACEUTICSDOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.142>**Березина Е. С.¹, Голованенко А. Л.², Алексеева И. В.³**¹Доцент, кандидат фармацевтических наук,²Доцент, кандидат фармацевтических наук,³Доцент, доктор фармацевтических наук

Пермская государственная фармацевтическая академия

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРГЕКСИДИНА БИГЛЮКОНАТА В ГЕЛЕ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ КАРИЕСА ДЕНТИНА**Аннотация**

В статье представлены результаты валидации методики количественного определения хлоргексидина биглюконата в геле для лечения кариеса дентина. Для количественного определения хлоргексидина биглюконата предложен лаурилсульфатный метод по варианту осадительного титрования. Методика оценивалась по валидационным характеристикам: аналитическая область применения, линейность, правильность и прецизионность (сходимость). В результате проведенных исследований установлено, что аналитическая область применения, предложенной методики от 80 до 120%, подтверждена линейная зависимость расхода титранта от количественного содержания хлоргексидина биглюконата, средний процент регенерации 99,2%. Валидируемая методика позволяет определить количественное содержание хлоргексидина биглюконата в присутствии сопутствующих компонентов и может быть рекомендована для включения в нормативную документацию.

Ключевые слова: валидация, хлоргексидина биглюконат, лаурилсульфатный метод.

Berezina E.S.¹, Golovanenco A.L.², Alekseeva I.V.³¹Associate professor, PhD in Pharmaceutics,²Associate professor, PhD in Pharmaceutics,³Associate professor, PhD in Pharmaceutics,

Perm State Pharmaceutical Academy

VALIDATION OF QUANTITATIVE DETERMINATION METHOD OF CHLORHEXIDINE BIGLUCONATE IN GEL FOR DENTINE CARIES TREATMENT**Abstract**

The paper presents the results of validation method for quantitative determination of chlorhexidine bigluconate in gel for dentine caries treatment. Lauryl-sulfate method was proposed as a means of quantitative determination of chlorhexidine bigluconate according to precipitation titration variant. The method was evaluated by validation characteristics: Analytical field of application, linearity, accuracy and precision (convergence). As a result of the conducted studies, it was found that analytical range of application of the proposed method from 80 to 120% confirmed the linear dependence of titrant consumption on the quantitative content of chlorhexidine bigluconate, the average regeneration rate comprised 99.2%. The validated procedure allows determining quantitative content of chlorhexidine bigluconate in the presence of concomitant components and can be recommended for inclusion in regulatory documentation.

Keywords: validation, chlorhexidine bigluconate, lauryl-sulfate method.

Кариес зубов в настоящее время является наиболее распространенным заболеванием человечества. Поэтому в последние годы особую актуальность приобретает реминерализующая терапия - лечебно-восстановительная методика поступления и проникновения в твердые ткани зуба фтора, кальция, фосфора и др., в результате чего происходит укрепление дентина и зубной эмали, что повышает устойчивость к кариозным поражениям. Несмотря на большое количество разработанных к настоящему времени препаратов, методик их применения, поиск и апробация новых средств для проведения реминерализующей терапии не теряют свою актуальность и востребованность в практическом здравоохранении. Одним из путей решения данной проблемы является разработка лекарственных форм на основе полимеров.

В результате комплекса проведенных научно – экспериментальных исследований предложен медикаментозный способ лечения среднего и глубокого кариеса реминерализующим гелем. В геле одновременно содержатся основные реминерализующие ионы - кальция, фосфора и фтора. Благодаря структурированным водным пространствам в геле обеспечивается защитный эффект относительно взаимодействия Ca^{2+} , HPO_4^{2-} и F^- , что позволяет сохранить минерализующие компоненты в свободном активном состоянии и тем самым обеспечить существенное повышение их проникновения в дентин; моделирование осуществляется по кальциевофосфорному коэффициенту дентина 2:1. Для подавления кариесогенной микрофлоры в кариозной полости в состав геля для реминерализации дентина введен антисептик хлоргексидина биглюконат, эффективный в отношении грамотрицательных и грамположительных микроорганизмов, оказывающий фунгицидное действие на грибы [1, С. 71].

Необходимым условием внедрения лекарственного препарата в медицинскую практику является стандартизация, предусматривающая разработку нормативной документации, регламентирующей показатели качества, требования к ним и методики их определения. Документированным подтверждением обоснованности выбора метода испытания для определения показателей и норм качества лекарственных средств является валидация, главной задачей, которой является экспериментальное доказательство того, что данная методика пригодна для достижения тех целей, для которых она предназначена [2, С. 222].

Валидация аналитической методики позволяет своевременно выявить недостатки методики, улучшить качество, повысить точность результата [3, С. 7].

Целью исследования являлась валидация методики количественного определения хлоргексидина биглюконата в геле для лечения кариеса дентина лаурилсульфатным методом по варианту осадительного титрования. Метод основан на образовании трудно растворимых лаурилсульфатов органических соединений, содержащих основной атом азота и имеющих величину молекулярной массы более 200 [4, С.50].

Методика оценивалась по следующим валидационным характеристикам: аналитическая область применения, линейность, правильность и прецизионность (сходимость) [2, С. 222].

Неорганические соли, входящие в состав геля, не реагируют с титрантом и не влияют на результаты анализа, что было подтверждено экспериментально. При апробации методики параллельно были приготовлены модельные смеси без хлоргексидина биглюконата, при титровании которых изменение окраски индикатора не происходило. Поэтому метод можно рассматривать как специфичный для хлоргексидина биглюконата.

Валидационные характеристики методики изучали на десяти лабораторных сериях геля, для каждой серии проведено не менее трех определений, для статистической обработки взяты средние результаты. Для изучения аналитической области применения, линейности, правильности методики, были приготовлены модельные смеси с содержанием хлоргексидина биглюконата 80%, 90%, 100%, 110%, 120% от количества, заявленного в составе геля.

Методика. 2,0 г геля растворяют в 50 мл воды очищенной, прибавляют 3 мл уксусной кислоты разведенной 30% (раствор должен быть прозрачным), 5 кап. спиртового раствора бромфенолового синего 0,1% и титруют раствором лаурилсульфата натрия (натрия додецилсульфата) 0,005 М до перехода окраски от зеленой через сине-зеленую до светло-зеленой.

1 мл 0,005М раствора лаурилсульфата натрия (натрия додецилсульфата) соответствует 0,002243 г хлоргексидина биглюконата.

Содержание хлоргексидина биглюконата (ХГБ) в геле для лечения кариеса дентина рассчитывали по формуле:

$$X = TVKP/a, \text{ где}$$

X – содержание ХГБ в геле, г;

T – титр 0,005 М лаурилсульфата натрия по ХГБ, г/мл;

P – масса геля, г;

V – объем титрованного раствора, израсходованного на титрование, мл;

K – коэффициент поправки к молярности титранта;

a – навеска геля, г.

При статистической обработке полученных данных установлено: относительная ошибка среднего результата составляет 0,91%, доверительный интервал $0,100\text{г} \pm 0,001\text{г}$, стандартное отклонение результата отдельного определения 0,00128г или 1,28%. Полученные данные свидетельствуют об удовлетворительном уровне прецизионности (сходимости) валидируемой методики [5, С. 243].

Результаты анализа модельных смесей подтверждают линейную зависимость расхода титранта (y) от количества хлоргексидина биглюконата (x) в образце (рис. 1).

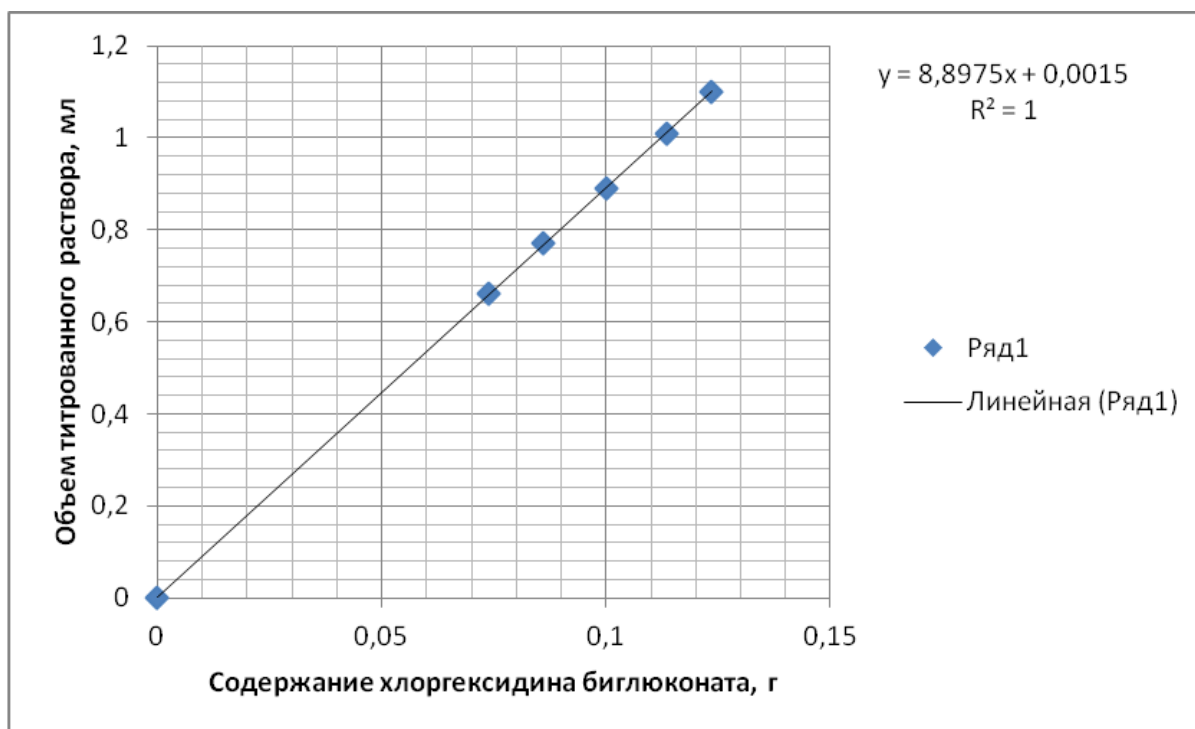


Рис. 1 – График зависимости объема титрованного раствора от количества хлоргексидина биглюконата в геле

При обработке данных было выведено следующее уравнение зависимости:

$$y = 8,8975x + 0,0015$$

Коэффициент корреляции $R = 1$, что свидетельствует о линейной связи между переменными x и y.

8,8975 – угловой коэффициент (θ);

0,0015 – свободный член (a).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что аналитическая область использования валидируемой методики находится в интервале от 80% до 120% содержания хлоргексидина биглюконата в геле для лечения кариеса дентина (от номинального по составу) [5, С. 254].

Для оценки правильности методики по результатам анализа модельных смесей рассчитан процент регенерации хлоргексидина биглюконата (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка правильности методики

Количество хлоргексидина биглюконата			Регенерация, %
От заявленного в геле (по составу), %	В модельной смеси, г	Найдено, г	
80	0,080	0,074	93
90	0,090	0,086	96
100	0,100	0,100	100
110	0,110	0,114	104
120	0,120	0,124	103

Полученные данные находятся в интервале от 93% до 103%, средний процент регенерации составляет 99,2%, что свидетельствует об удовлетворительной правильности валидируемой методики.

В результате проведенных исследований установлено, что методика определения хлоргексидина биглюконата в геле для лечения кариеса дентина лаурилсульфатным методом имеет удовлетворительную прецизионность (сходимость), аналитическая область применения от 80 до 120%, подтверждена линейная зависимость расхода титранта от количественного содержания хлоргексидина биглюконата, коэффициент корреляции $R = 1$, средний процент регенерации составляет 99,2%, что свидетельствует об удовлетворительной правильности. Валидируемая методика специфична, позволяет определить количественное содержание хлоргексидина биглюконата в присутствии сопутствующих компонентов, и может быть использована при поэтапном контроле в процессе производства и контроле качества конечного продукта. Предлагаемая методика может быть рекомендована для включения в нормативную документацию.

Список литературы / References

1. Леонова Л.Е. Эффективность лечения кариеса дентина с использованием лекарственных средств реминерализующего действия / Л.Е. Леонова, Г.А. Павлова, Р.Г. Першина и др. // Пермский медицинский журнал. – 2016. – №2. – Т.33. – С.71-75.
2. ОФС 1.1.0012.15 Валидация аналитических методик. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII изд. – Т. I, – М., –2015. – С.222 - 234. (Федеральная электронная медицинская библиотека) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.femb.ru/feml> (дата обращения: 14.03.2017).
3. Юргель Н.В. Руководство по валидации методик анализа лекарственных средств: Методические рекомендации / Н.В. Юргель. – М.: Издательство «Спорт и Культура – 2000», 2007. – 48 с.
4. Чекрышкина Л.А. Анализ растворов хлоргексидина биглюконата в условиях аптеки / Л.А. Чекрышкина, Н.И. Эвич, Е.С. Березина и др. // Новая аптека. Эффективное управление. – 2009. – №3. – С. 49-51.
5. ОФС 1.1.0013.15 Статистическая обработка результатов химического эксперимента. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII изд. – Т. I, – М., – 2015. – С.235 - 264. (Федеральная электронная медицинская библиотека) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.femb.ru/feml> (дата обращения: 14.03.2017).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Leonova L.E. Effektivnost lecheniya kariesa dentina s ispolzovaniem lekarstvennykh sredstv remineraliziruyeshego deystviya [Efficiency of dentine Caries Treatment with the Help of Remineralizing Drugs] / L.E. Leonova, G.A. Pavlova, R.G. Pershina, etc. // Permskiy meditsinskiy zhurnal [Perm Medical Journal] - 2016. - No.2. - T.33. - P.71-75. [In Russian]
2. OFS 1.1.0012.15 Validatsiya analiticheskikh metodik. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii [General Monograph 1.1.0012.15 Validation of Analytical Techniques. State Pharmacopoeia of the Russian Federation] XIII ed. - V. I, - M., -2015. - P.222 - 234. (Federal electronic medical library) [Electronic resource]. - URL: <http://www.femb.ru/feml> (accessed date: 14.03.2017). [In Russian]
3. Yurgel N.V. Rukovodstvo po validatsii metodik analiza lekarstvennykh sredstv: Metodicheskiye rekomendatsii [Guidance on the Validation of Drug Analysis Techniques: Methodological Recommendations] / N.V. Yurgel. - M.: Publishing House "Sport and Culture - 2000," 2007. - 48 p. [In Russian]
4. Chekryshkina L.A. Analiz rastvorov khlorgeksidina bigliukononata v usloviyakh apteki [Analysis of Chlorhexidine Bigluconate Solutions in the Condition sof a Pharmacy] / L.A. Chekryshkina, N.I. Evich, E.S. Berezina and others // Novaya apteka. Effektivnoye upravleniye [New pharmacy. Effective management] - 2009. - No.3. - P. 49-51. [In Russian]
5. OFS.1.1.0013.15 Statisticheskaya obrabotka rezultatov khimicheskogo eksperimenta. Gosudarstvennaya farmakepeya Rossiyskoy Federatsii [General Monograph.1.1.0013.15 Statistical Processing of the Results of a Chemical Experiment. State Pharmacopoeia of the Russian Federation] XIII ed. - V. I, - M., - 2015. - P.235 - 264. (Federal electronic medical library) [Electronic resource]. - URL: <http://www.femb.ru/feml> (accessed date: 14.03.2017). [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.58.139>Саламова Л.В.¹ Айро И.Н.²¹ORCID:0000-0003-3912-8979, Аспирант,Пятигорский медико-фармацевтический институт- филиал
ФГБОУ ВО «ВолГМУ» Министерства здравоохранения Российской Федерации,²доктор фармацевтических наук, профессор,

профессор кафедры экономики и организации здравоохранения и фармации,

Пятигорский медико-фармацевтический институт- филиал
ФГБОУ ВО «ВолГМУ» Министерства здравоохранения Российской Федерации**МАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОССИЙСКОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА
ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ОСТРЫХ КИШЕЧНЫХ
ИНФЕКЦИЙ****Аннотация**

Острые кишечные инфекции (ОКИ) являются одной из значимых проблем медицины и здравоохранения в целом, ввиду повсеместной распространенности и отсутствия тенденции к снижению уровня заболеваемости. С целью определения условий для удовлетворения потребности в лекарственных препаратах, детей, страдающих ОКИ, были проведены исследования целевого сегмента российского и регионального фармацевтического рынка (Республика Северная Осетия-Алания) - лекарственных препаратов, применяемых для лечения ОКИ. С помощью методов маркетингового анализа был изучен и систематизирован ассортимент ЛП, применяемых для лечения острых кишечных инфекций различной этиологии, дана оценка насыщенности регионального рынка по сравнению с российским.

Ключевые слова: острые кишечные инфекции (ОКИ), фармацевтический рынок, Российская Федерация (РФ), Республика Северная Осетия-Алания (РСО-Алания).

Salamova L.V.¹, Airo I.N.²¹ORCID: 0000-0003-3912-8979, Postgraduate student of Department of Economics and Organization of Healthcare and Pharmacy, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, a branch of FSBEI of Higher Education

VolgSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation

²PhD in Pharmaceutics, Professor of the Department of Economics and Organization of Healthcare and Pharmacy, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute, a branch of FSBEI of Higher Education

VolgSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation

**MARKETING RESEARCH OF RUSSIAN AND REGIONAL MARKET OF MEDICINAL DRUGS APPLIED
FOR TREATMENT OF ACUTE INTESTINAL INFECTIONS****Abstract**

Acute intestinal infection (AII) is one of the most significant problems of medicine and public health in general, due to the global presence and no tendency in reduction of incidence. In order to determine meeting of the need for medicines, children suffering from acute intestinal infections, the target segment of the Russian and regional pharmaceutical market (Republic of North Ossetia-Alania) and the drugs used to treat AII, were investigated. Using the marketing analysis methods, the assortment of drugs used for the treatment of acute intestinal infections of various etiologies was studied and systematized, the saturation of the regional market compared with the all-Russian one is given as well.

Keywords: acute intestinal infections (AII), pharmaceutical market, Russian Federation (RF), Republic of North Ossetia-Alania (RNO-Alania).

Острые кишечные инфекции занимают одно из ведущих мест в структуре инфекционной заболеваемости среди детского населения. Часто ОКИ, перенесенные в детстве, являются одной из причин формирования хронической патологии желудочно-кишечного тракта, снижения иммунологической резистентности организма. Терапия ОКИ у пациентов детского возраста должна проводиться комплексно, поэтапно, с учетом этиологии, тяжести, фазы заболевания и безопасности применения лекарственных препаратов (ЛП) в детском возрасте. [1], [7].

В соответствии с АТХ классификацией «Противодиарейные, кишечные противовоспалительные и противомикробные препараты» относятся к группе А07, которая в свою очередь делится на следующие подгруппы: А07А «Кишечные противомикробные препараты», А07В «Адсорбирующие кишечные препараты», А07С «Электролиты с углеводами», А07D «Препараты, снижающие моторику ЖКТ», А07Е «Кишечные противовоспалительные препараты», А07F «Противодиарейные микроорганизмы», А07Х «Противодиарейные микроорганизмы другие».

С целью определения условий для удовлетворения потребности в лекарственных препаратах для лечения ОКИ различной этиологии, нами был проведен маркетинговый анализ российского и регионального фармацевтического рынка (РСО-Алания) – лекарственных препаратов, применяемых для лечения ОКИ у пациентов детского возраста.

В качестве источников информации для проведения исследования выступили: данные Государственного реестра лекарственных средств РФ, 2016 г. [2], Регистр лекарственных средств, 2016г. [3], база данных «Импрофармрынок» и прайс –листы оптовых компаний, представленных на фармацевтическом рынке РСО-Алании (электронная версия).

В ходе исследования использовались методы наблюдения, сравнения, структурного и контент - анализа.

Первым этапом нашего исследования стал анализ целевого сегмента российского фармацевтического рынка – лекарственных препаратов, используемых для лечения ОКИ. В результате анализа данных Государственного реестра [2] было установлено, что на рынке РФ зарегистрировано 34 международных непатентованных наименования (МНН) (100 торговых наименования (ТН) ЛП, применяемых для лечения ОКИ.

Доля отечественных препаратов, зарегистрированных на фармацевтическом рынке РФ, используемых для лечения ОКИ составляет 57% (57 ТН), доля иностранных ЛП - 40% (40 ТН) и 3 % (3 ТН) производятся как отечественными, так и зарубежными фирмами-производителями.

Среди зарубежных стран производителей лидирующую позицию занимает Германия -9% (9 ТН), второе место занимают Словения и Франция – 5% (5 ТН), далее Индия, Дания и Италия -3 % (3 ТН), Испания, Великобритания, Швейцария, Украина- 2 % (2 ТН), Чешская республика, Нидерланды, республика Беларусь, Венгрия, Румыния, Босния и Герцеговина, Словацкая республика, США, Латвия, Черногория -1 % (1ТН) (рис.1).

Производство ЛП отечественного производства, зарегистрированных на территории РФ, применяемых для лечения ОКИ, осуществляет 47 фирм производителей. Среди которых лидирует ФГУП "НПО "Микроген" Минздрава России -10 % (10 ТН), далее ОАО «Ирбитский ХФЗ» и ЗАО «Фирма «Витафарма» -5 % (по 5 ТН), АО «Партнер», ОАО «АВВА РУС» и Биомед ОАО им.И.И.Мечникова -4% (по 4 ТН).

В производстве иностранных ЛП, зарегистрированных на территории РФ, для лечения ОКИ, участвуют 37 иностранных фирм производителей. Лидирующую позицию, по количеству произведенных ТН ЛП, занимает фармацевтическая компания Лек д.д., Словения -3 % (3 ТН).

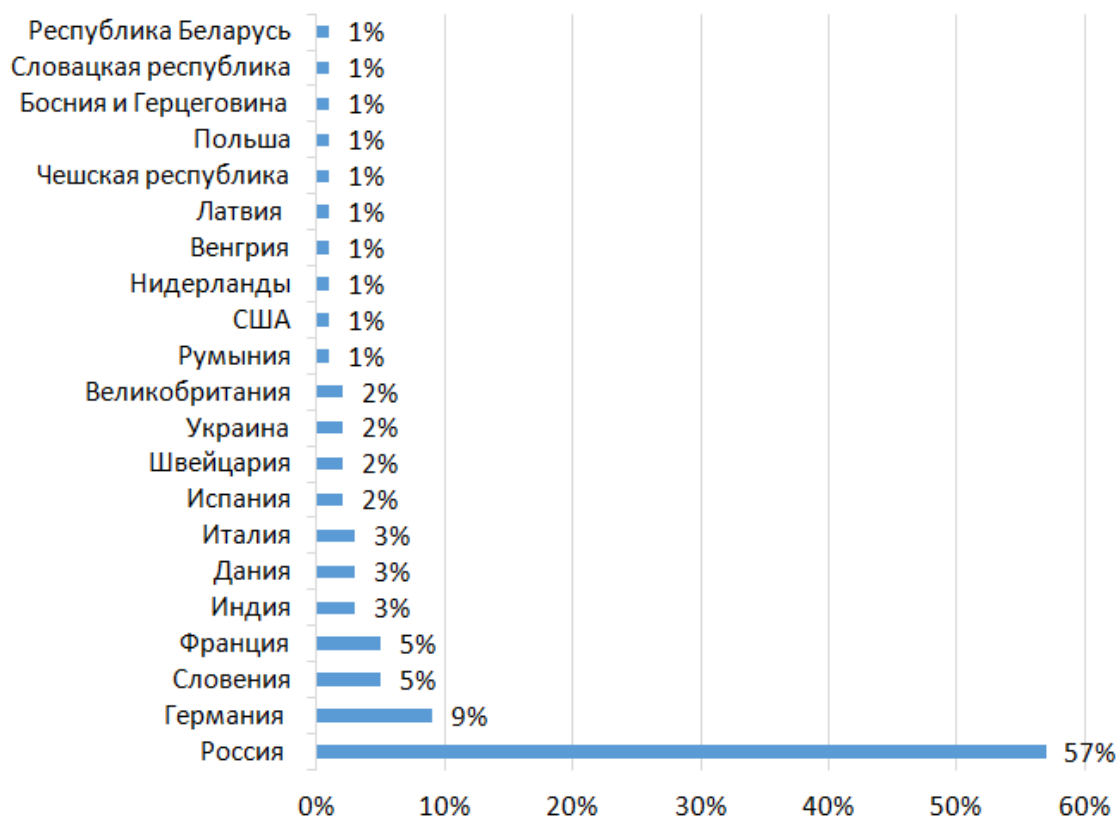


Рис. 6 – Структура ассортимента ЛП, применяемых для лечения ОКИ с учетом стран –производителей ЛП, зарегистрированных на территории РФ

Из общего количества ТН ЛП для лечения ОКИ, 77% (77 ТН) представлены в виде монопрепаратов и 23% (23 ТН) являются комбинированными ЛП.

В ходе исследования российского фармацевтического рынка было установлено, что в перечень ЖНВЛП [4] входит 7 МНН ЛП, что составляет 20,6 % от общего числа МНН ЛП для лечения ОКИ . В стандарт первичной медико-санитарной помощи детям с ОКИ различной этиологии [5], [6] входят 14 МНН ЛП, что составляет 41,2 % от общего числа МНН ЛП.

Следующим этапом нашего исследования стал анализ регионального фармацевтического рынка ЛП, применяемых для лечения ОКИ. В результате проведенной работы было установлено, что на целевом рынке РСО-Алания присутствуют 72 ТН ЛП (32 МНН), что составляет 72% от числа ТН ЛП, зарегистрированных на территории РФ (рис.2).

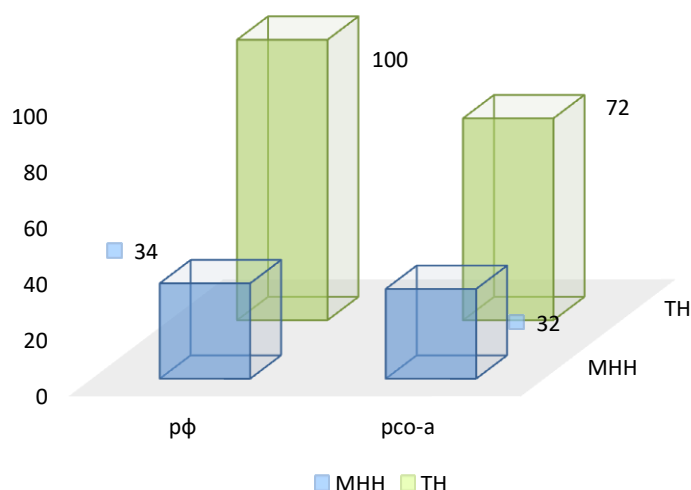


Рис. 7 – Сравнительный анализ ассортимента ЛП (по числу МНН и ТН ЛП), представленного на фармацевтическом рынке РФ и РСО-Алании

Доля отечественных ЛП для лечения ОКИ на региональном рынке составляет 63,8% (46 ТН), на долю ЛП, произведенных иностранными фирмами приходится 24 ТН- 33,3% и 2,7% (2 ТН) - это ЛП выпускающиеся как отечественными, так и зарубежными фирмами- производителями.

Среди иностранных стран-производителей лидирующее место занимает Франция -6,9% (5ТН), далее Германия – 5,5 % (4 ТН) Словения и Италия – 4,2% (3 ТН), Дания -2,8 % (2 ТН), Республика Беларусь, Нидерланды, Испания, Венгрия, Босния и Герц, Украина, Индия, Великобритания, Латвия, Швейцария и Чешская республика 1,4%- (1ТН) (рис.3).

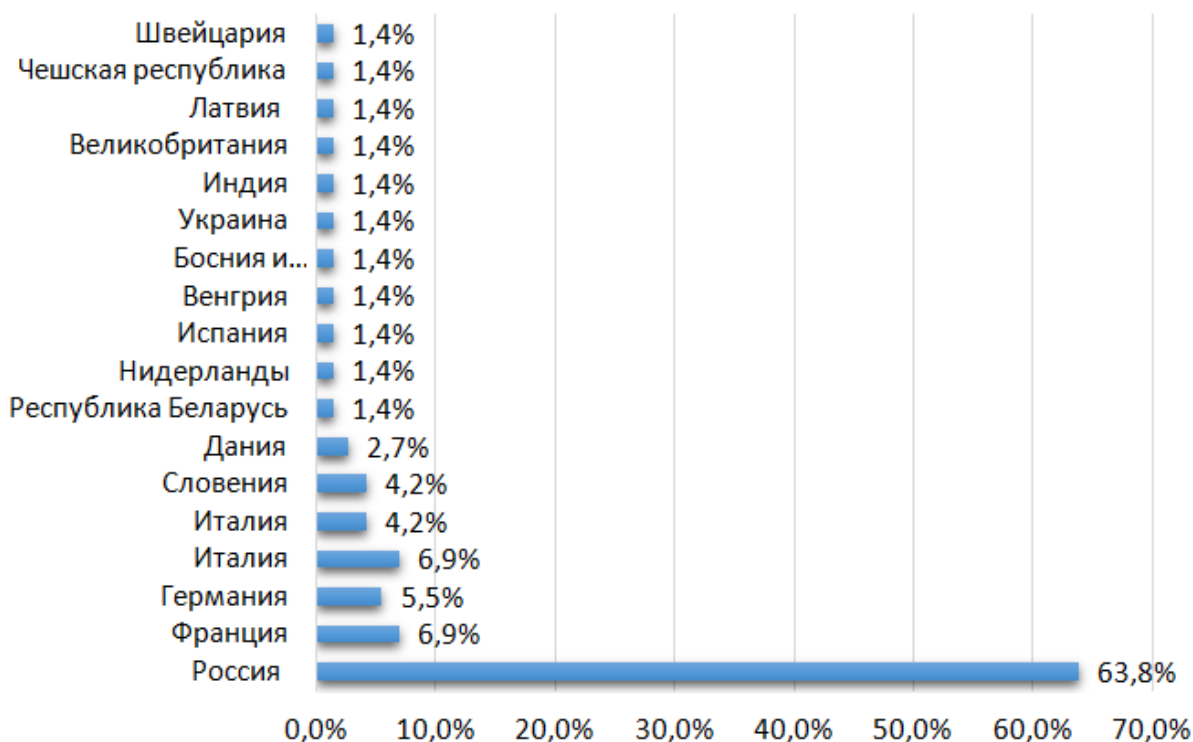


Рис. 8 – Структура ассортимента ЛП, применяемых для лечения ОКИ, с учетом стран –производителей ЛП, имеющих на фармацевтическом рынке РСО-Алания

На фармацевтическом рынке РСО-Алании представлены 33 российские фармацевтические компании, выпускающие ЛП, для лечения ОКИ. Среди них лидируют ФГУП "НПО "Микроген" Минздрава России -11 % (8 ТН), ОАО «Ирбитский ХФЗ» -6,9 % (по 5 ТН), АО «Партнер» и Биомед ОАО им.И.И.Мечникова -5,5% (по 4ТН).

В ходе исследования регионального фармацевтического рынка было установлено, что в перечень ЖНВЛП [4] входит 5 МНН ЛП, что составляет 15,6 % от общего числа МНН ЛП для лечения ОКИ. В стандарт лечения оказания медицинской помощи детям с ОКИ различной этиологии входят [5,6] 12 МНН ЛП, что составляет 37,5 % от общего числа МНН ЛП данной группы ЛП.

Выводы :

1. Сравнительный анализ регионального и российского рынка ЛП показал, что фармацевтический рынок РСО-Алания по числу МНН ЛП насыщен на 94%, но уступает по ассортиментным позициям, насыщенность по количеству ТН ЛП составила 72%.

2. В стандарт первичной медико-санитарной помощи детям с ОКИ различной этиологии [5,6] включены 12 МНН ЛП, которые присутствуют на российском и региональном рынке, что говорит о хороших условиях для удовлетворения потребности в ЛП данной категории больных.

Список литературы / References

1. Воротынцева Н.В., Мазанкова Л.Н. Острые кишечные инфекции у детей/ Н.В. Воротынцева, Л.Н. Мазанкова-М: Медицина, 2001.-480с.-ISBN5-225-04489-1

2. Государственный реестр лекарственных средств – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://grls.rosminzdrav.ru/grls.aspx>

3. Справочник лекарств РЛС:- [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rlsnet.ru/>

4. Перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского применения в 2016 г.// приложение №1 к распоряжению Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2015г.№2724. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://government.ru/media/files/MzyV0Mmm2FoDAP7AWAAVLLpjoLoiShib.pdf>

5. Стандарт специализированной медицинской помощи детям при диарее и гастроэнтерите предположительно инфекционных, средней степени тяжести // Приложение к приказу Министерства здравоохранения Российской федерации от 20 декабря 2012г. №1265н

6. Стандарт специализированной медицинской помощи детям при гастроэнтеритах вирусной этиологии тяжелой степени тяжести // Приложение к приказу Министерства здравоохранения Российской федерации от 09 ноября 2012г. №799н

7. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году: Государственный доклад.—М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2016.—200 с. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rosпотребнадзор.ru>

Список литературы на английском языке / References in English

1. Vorotynceva N.V., Mazankova L.N. Ostrye kishchnye infekci u detej [Acute Intestinal Infections in Children] / N.V. Vorotynceva, L.N.Mazankova - M/Medicine, 2001/-408p. .-ISBN5-225-04489-1[in Russian]

2. Gosudarstvennyj reestr lekarstvennyh sredstv. [State Register of Medicinal Remedies] [Electronic source]. – URL: <http://grls.rosminzdrav.ru/grls.aspx> [in Russian]

3. Spravochnik lekarstv RLS.[Drug Reference Book][Electronic source] – URL: <http://www.rlsnet.ru/> [in Russian]

4. Perechen' zhiznenno neobhodimyh i vazhnejshih lekarstvennyh preparatov dlja medicinskogo primeneniya v 2016 g. [Vital and Essential Drugs List for Human Use 2016] // Appendix №1 to the Government Order of RF from 26th December 2015 № 2724 [Electronic source] –URL:<http://government.ru/media/files/MzyV0Mmm2FoDAP7AWAAVLLpjoLoiShib.pdf> [in Russian]

5. Standart specializirovannoj medicinskoj pomoshhi detjam pri diaree i gastrojenterite predpolozhitel'no infekcionnyh, srednej stepeni tjazhesti [Specialized Medical Aid Standard for Children under Diarrhoeal Disease and Gastroenteritis Suspected Infections of Medium Severity][Appendix to the Order of the Healthcare Ministry of Russian Federation from 20th December 2012 #1265н] [in Russian]

6. Standart specializirovannoj medicinskoj pomoshhi detjam pri gastrojenteritah virusnoj jetiologii tjazhelej stepeni tjazhesti.[Specialized Medical Aid Standard for Children under Gastroenteritis of Viral Etiology of Heavy Severity][Appendix to the Order of the Healthcare Ministry of Russian Federation from 09th November 2012 #799н] [in Russian]

7. O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2015 godu [On Public Sanitation and Disease Control in Russian Federation 2015]: National Report: . – М.: Federal Service for Consumer Rights and Human Welfare Protection, 2016. – 200p.][Electronic source] – URL: <http://www.rosпотребнадзор.ru> [in Russian]