16+

International Conference on Recent Advances in Engineering, Technology and Applied Sciences

SCIENTIFIC PUBLIC ORGANIZATION «PROFESSIONAL SCIENCE»

USA, Detroit, 2017

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 00
LBC 1

Editors
Natalya Krasnova | Managing director SPO “Professional science”
Yulia Kanaeva | Logistics Project Officer SPO “Professional science”

International Conference on Recent Advances in Engineering, Technology and Applied Sciences, November 23th, 2017, USA, Detroit: Scientific public organization “Professional science”, 2017. 336p.

ISBN 978-1-370-29463-3

Presenters outline their work under the following main themes: Engineering, Science, Technology.

The conference is well attended by representatives from more than 15 universities from 2 different countries all over the world and with participation of higher education institutional policymakers, governmental bodies involved in innovating HE, deans and directors, educational innovators, university staff and umbrella organizations in higher education.

www.scipro.ru

UDC 00
LBC 1

ISBN 978-1-370-29463-3
9 781370 294633

© Article writers, 2017

© Scientific public organization “Professional science”, 2017

© Publisher: Smashwords, Inc., USA,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

TABLE OF CONTENTS

SECTION 1. CIVIL ENGINEERING 6

Korobova O. A., Maksimenko L. A., Grigoriev D. O. On the calculation of the soil bases, taking into account their deformation anisotropy 6

SECTION 2. ELECTRICAL ENGINEERING 17

Krisjanis M.V., Alekseev A.E. Evaluation of the thermal state of a linear induction motor operating as a positioner in the edging machine 17

Sazykin V. G., Kudryakov A. G., Gerasimov N. I. Improving the registration systems of emergency operation in distribution networks with voltage of 6-10 kV 24

SECTION 3. ELECTRONICS ENGINEERING 32

Pudovkin, A.P., Danilov S.N., Ivanov A.V., Panasyuk Yu.N. Estimation of location coordinates in the system of vehicle control to ensure traffic safety 32

SECTION 4. ENVIRONMENTAL ENGINEERING 50

Yumanov A.A. Comparative analysis of aerotank aeration systems 50

SECTION 5. MATERIAL ENGINEERING 59

Kolyada E.M. Prospects for the use of recycled glass in contemporary landscape design 59

SECTION 6. MECHANICAL ENGINEERING 64

Eliseev A.V., Kopylov Yu.R., Eliseev S.V. Possibilities of dynamic correction of structure of vibration fields of working elements of technological machines 65

Orlenko A.I., Kinash N.Zh., Vuong Q.T. Introduction of additional couplings for changing the dynamic status of the vibration system 72

SECTION 7. RESOURCE ENGINEERING 79

Trofimets V. The tasks of multi-criteria choice in the management of industrial safety of oil and gas facilities 79

SECTION 8. SIMULATION AND MODELING 86

Rezepkin A.V., Kulikov D.V., Kulikov Y.O., Ufimova A.K. Computer modeling by ab initio methods of the formation of different ligand amino acids complexes with zinc and cobalt 86

SECTION 9. BIOTECHNOLOGY 96

Danilenko I., Batrakova Y., Frizen D., Korneeva O., Morozova E., Svirina K., Gerasimova A., Goryacheva K., Marinin A. Development and use of premixes and BVMK in poultry farming. 96

Nikitina Z.K., Gordonova I.K. Exogenous regulation of biosynthetic activity of Penicillium citrinum – keratinases producer 109

Orobets V.A., Sevostyanova O.I., Kastarnova E.S. Obtaining of ecologically safe poultry products based on the use of adaptogenic complexes. 123

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 10. EDUCATIONAL TECHNOLOGY 130

Kalmykov N., Arinushkina N., Markelov A., Neverov A., Ruchkin A., Guzhov A. About the results of the implantation of the FTP «Research and development on the priority directions of development of the scientific and technological complex of Russia for 2007-2013» and «Scientific and scientific and pedagogical personnel of innovative Russia for 2009-2013»: archive of 2014 130

Khanova T.G., Soboleva Yu.A., Platova A.G., Odintsova E.V. Use of the project method in environmental education of preschool children 158

Semenkova E. Pedagogical competence as a backbone in professional activity 165

Vovsi - Tillye L.A., Kalashnikova N.A., Mironova D.A. Professionally oriented lexical units for the students of the non-linguistic university 175

SECTION 11. ENERGY TECHNOLOGY 179

Ivantsova M.N., Selezneva I.S., Bezmaternykh M.A., Baldin V.Y. Energy saving at the dairy industry enterprises 180

SECTION 12. GREEN TECHNOLOGY 190

Hlyustov V.K., Yelekesheva M.M. Growth simulation of the dendrometric parameters of mixed white poplar in the floodplains of river Ural 190

SECTION 13. INFORMATION TECHNOLOGY 203

Zakharova O.V. About algorithmic basis of digital regulation 203

SECTION 14. RENEWABLE ENERGY 234

Schukina T.V., Akulova I.I. To a question of expediency of use solar energy in the territory of the Russian Federation 234

SECTION 15. SUSTAINABLE TECHNOLOGY 241

Zolotukhina Ia.A., Prokshits E.E., Sotnikova O.A.Social events in designing energy-efficient quarter with the requirements of sustainable development of territories in Voronezh region 241

SECTION 16. CURRENT ISSUES AND CHALLENGES IN TECHNOLOGY 249

Tulskaya S.G. Development and validation of the application of effective schemes of air exchange for premises for production purposes 249

SECTION 17. ARTIFICIAL INTELLIGENCE 259

Konstantinov A.V. Technology artificial intelligence control of mobile robots 259

Volodina O.V. Prospects and threats of artificial intelligence 267

SECTION 18. DIGITAL COMMUNICATION 271

Astakhov N.V., Bashkirov A.V, Bobylkin I.S., Muratov A.V., Khoroshaylova M.V. Analysis of various models of ldpc decoder using fpga 271

Bashkirov A.V. Model of the nonbinary LDPC decoder of low complexity based on the extended algorithm Min-Sum 293

SECTION 19. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS 306

Mizanbekov I.T, Nurmanbekova G.K. Directions of state-private partnership in transport

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

transportation 306

SECTION 20. INTERNET AND WEB APPLICATIONS 315

Amelkin V. Bootstrap framework integration into lancetcms 315

SECTION 21. CURRENT ISSUES AND CHALLENGES IN APPLIED SCIENCE 322

Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Ignatyev P.S., Samodelkin A.G., Skvortsova G.A., Side K. R. The effect of low-intensity laser radiation on the surface architectonics of erythrocytes in norm and under stress 322

SECTION 22. INDUSTRIAL DESIGN 327

Kuznetsov A.K., Myskova O.V. Modern coating materials and design of sun awning objects. 328

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 1. CIVIL ENGINEERING

UDC 624.131.5

Korobova O. A., Maksimenko L. A., Grigoriev D. O. On the calculation of the soil bases, taking into account their deformation anisotropy

О расчете грунтовых оснований с учетом их деформационной анизотропии

Korobova Olga A.,
FGBOU VO "Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering", Novosibirsk str. Leningrad, 113, doctor of technical sciences, professor of the department of IHOF, oakorobova@mail.ru
Maksimenko Lyubov A.,
FGBOU VO "Siberian State University of Geosystems and Technologies" city of Novosibirsk ул. Plakhotny, 10, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Geomatics and Real Estate Infrastructure SGUGiT, maksimenko_la@mail.ru
Grigoryev Dmitry O.,
FGBOU VO "Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering", Novosibirsk str. Leningrad, 113, student of 3-rd year, grigorev.dmitriy.17.09.1995@mail.ru
Коробова Ольга Александровна
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет», г. Новосибирск ул. Ленинградская,113, доктор технических наук, профессор кафедры ИГОФ
Максименко Любовь Александровна
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», г. Новосибирск ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры геоматики и инфраструктуры недвижимости СГУГиТ,
Григорьев Дмитрий Олегович
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет», г. Новосибирск ул. Ленинградская,113, студент 3-го курса

Abstract. *The results of the calculation of the effect of deformation anisotropy on the design resistance of the foundation soil and, consequently, on the dimensions of the foundation as well as on the foundation sediments are presented in the article. The calculations were performed by the finite element method using the technique of mathematical experiment planning. It is established that the change in the sediment size of the surface of a layer of finite thickness depends on the anisotropy index, which confirms the necessity of taking into account the deformation anisotropy in calculating the sediment by any of the existing methods. Taking into account the natural anisotropy of soils, it is more feasible to designate the dimensions of the base of the foundations and determine their draft, and in some cases to obtain a noticeable economic effect.*

Keywords: *deformation anisotropy, deformation anisotropy index, soil bases, soil anisotropy influence factors, improved sediment calculation method.*

Аннотация. *В статье приводятся результаты расчета влияния деформационной анизотропии на расчетное сопротивление грунта основания, а следовательно, и на размеры фундамента, а также на осадки фундаментов. Расчеты выполнены методом конечных элементов с применением методики математического планирования эксперимента.*
Установлено, что изменение величины осадок поверхности слоя конечной мощности зависит от показателя анизотропии, что подтверждает необходимость учета деформационной анизотропии в расчете осадок любым из существующих методов. Учет природной анизотропии

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

грунтов позволяет более обоснованно назначать размеры подошвы фундаментов и определять их осадку, а в ряде случаев получить заметный экономический эффект.

Ключевые слова: *деформационная анизотропия, показатель деформационной анизотропии, грунтовые основания, коэффициенты влияния анизотропии грунта, усовершенствованный метод расчета осадок.*

Нормативные документы по расчету грунтовых оснований рекомендуют учитывать анизотропность грунтов [1], что, как правило, связано с трудностями, связанными с отсутствием простых и эффективных методов учета деформационной анизотропии, а также способов определения расчетных параметров анизотропного грунта. В связи с этим, авторами был разработан метод учета деформационной анизотропии в расчетах грунтовых оснований фундаментов по деформациям [2]. Усовершенствованный метод предлагается для использования в проектной практике при необходимости определения расчетного сопротивления грунта R под подошвой фундаментов и назначении размеров подошвы фундаментов, а также при расчете их осадок методом послойного суммирования деформаций однородного трансверсально-изотропного однослойного грунтового основания различной мощности (в том числе – полуплоскости), находящегося в условиях плоской деформации. Напряженно - деформированное состояние (НДС) трансверсально-изотропной полуплоскости (слоя) рекомендуется устанавливать по результатам расчетов, выполненных методом конечных элементов при известных значениях модулей деформации грунтовой среды E_z и E_x по вертикальному и горизонтальному направлениям соответственно; коэффициентах Пуассона (коэффициентах бокового расширения грунта) ν_{yx} и ν_{xz} в предположении $\nu_{yx} = \nu_{xz}$, где первый параметр характеризует боковое расширение грунта в плоскости изотропии (в горизонтальной плоскости xy), а второй – расширение в вертикальном направлении от нормальных горизонтальных напряжений; модуле сдвига G_{xz} в вертикальной плоскости деформирования; величина $\nu_{zx} = \nu_{xz} (E_z / E_x)$.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Показатель деформационной анизотропии $\alpha = E_z/E_x = \varepsilon_x/\varepsilon_z$ устанавливается по результатам компрессионных испытаний стандартных образцов грунта [3], вырезанных из монолита или непосредственно в месте отбора проб грунта по двум взаимно перендикулярным направлениям; ε_x и ε_z – относительные деформации образцов грунта в условиях невозможности бокового расширения при отборе образцов в горизонтальном и вертикально направлениях соответственно. Значения ε_x и ε_z можно определить также испытаниями образцов в стабилометре.

Значения коэффициента Пуассона ν_{yx} в расчетах НДС анизотропной полуплоскости (слоя) для различных грунтов рекомендуется принимать табличными [1] и равными для песков – 0,25; супесей – 0,30; суглинков – 0,35 и глин – 0,40. Значения модуля сдвига G_{xz}, в связи с малым влиянием его на результаты НДС анизотропной полуплоскости (слоя), представленной грунтами с нечетко выраженной слоистостью текстуры, рекомендуется вычислять по зависимости:

$$G_{xz} = \frac{E_{cp}}{[2(1+\nu_{cp})]} \qquad (1)$$

где $$E_{cp} = \frac{E_z + E_x}{2}; \qquad \nu_{cp} = \frac{\nu_{yx} + \nu_{xz}}{2}$$

Методом конечных элементов вычислены все компоненты напряжений в прямоугольных конечных элементах, образующих зону грунтового основания, расположенную под гранью участка поверхности полуплоскости, загруженного равномерной нагрузкой и имеющего глубину распространения, равную четверти ширины загруженного участка; найдены средние для зоны значения главных напряжений σ_1 и σ_3 и среднее для зоны значение угла наибольшего отклонения θ_{max}. Результаты расчета для несвязного грунта определены на рисунке 1.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

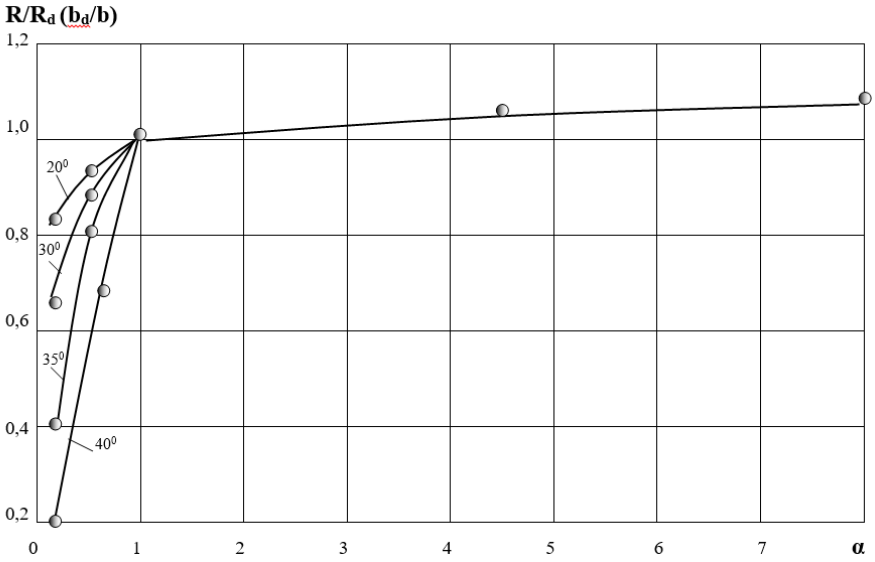


Рисунок 1. Эффект учета анизотропии при назначении размеров подошвы незаглубленных фундаментов

В связи со слабым влиянием значений коэффициентов Пуассона на конечный результат, расчеты выполнены в предположении $\nu_{yx} = \nu_{xz} = const\ (0,3)$. Значение θ_{max} установлено по известной зависимости теории напряжений:

$$\sin\theta_{max} = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{(\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cdot ctg\varphi)}. \qquad (2)$$

Здесь φ и c – угол внутреннего трения и удельная сила сцепления грунта соответственно; для несвязного грунта **c** = 0. Предельное (по прочности грунта в рассматриваемой зоне) состояние будет достигнуто при выполнении условия:

$$\sin\theta_{max} = \sin\varphi(\sin\psi),$$

где ψ – угол сдвига;

$$tg\psi = \frac{tg\varphi + c}{\sigma},$$

где σ – нормальное направление на площадке сдвига.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Фиксированному значению φ (ψ) для определенного вида грунта основания соответствуют различные значения внешних нагрузок (давлений p = R), зависящие от показателя анизотропии $\alpha = E_z/E_x$. По графикам рисунка 1 устанавливается изменение величины давлений $p_\alpha = R_\alpha$ в случае анизотропного основания по сравнению с изотропным (p = R, α = 1). Значения расчетного сопротивления грунта основания R вычисляются по [1]. При известном значении внешней нагрузки N на уровне подошвы фундамента, ширина b подошвы фундамента, расположенного на поверхности изотропной полуплоскости, определится по зависимости:

$$b = \frac{N}{R},$$

а для анизотропной полуплоскости

$$b_\alpha = \frac{N}{R_\alpha},$$

т.е.

$$b_\alpha = b\frac{R}{R_\alpha}. \qquad (3)$$

Таким образом, установив размер подошвы фундамента b по обычной методике расчета (без учета анизотропных свойств грунта) и соотношение R/R_α по графикам рисунка 1 определяем значение b_α. Соотношениями R/R_α или b_α/b оценивается эффект учета анизотропных свойств грунта основания.

Для расчета осадок применяется усовершенствованный метод послойного суммирования деформаций, разработанный на основе рекомендуемого Нормами метода [1].

Усовершенствование метода заключается в учете деформируемости грунта по вертикальному и горизонтальному направлениям при действии вертикальных σzp, α и горизонтальных σxp, α дополнительных напряжений,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

рассчитываемых для точек полуплоскости, которые расположены на центральной вертикали посредине слоев hi, предусмотренных [1],:

$$s = \sum \varepsilon_{z,i} \cdot h_i, \qquad (4)$$

где $$\varepsilon_{z,i} = \frac{\sigma_{zp,i,\alpha}}{E_z}(1 - \nu_{xy} \cdot \nu_{zy}) - \frac{\sigma_{xp,i,\alpha}}{E_x}(1 + \nu_{xy}).$$

Наиболее просто влияние анизотропии можно учесть [1] путем корректировки только напряжений $\sigma_{zp,i}$, т.е. по формуле:

$$s = \beta \sum \sigma_{zp,i,\alpha} \frac{h_i}{E_{z,i}} \qquad (5)$$

При этом точность расчета осадок несколько снижается. Толщина h_i и количество n слоев принимается в соответствии с [1]. Дополнительные напряжения вычисляются по зависимостям:

$$\sigma_{zp,i,\alpha} = \sigma_{zp,i} \cdot K_\alpha$$

$$\sigma_{xp,i,\alpha} = \sigma_{xp,i} \cdot K'_\alpha$$

$$\sigma^y{}_{zp,i,\alpha} = \sigma^y{}_{zp,i} \cdot K^y_\alpha \qquad (6)$$

$$\sigma^y{}_{xp,i,\alpha} = \sigma^y{}_{xp,i} \cdot K^{y/}{}_\alpha,$$

где $\sigma_{zp}(\sigma^y{}_{zp})$ и $\sigma_{xp}(\sigma^y{}_{xp})$ в соответствующих точках i изотропной полуплоскости определяются по имеющимся решениям для линейно-деформируемой среды (например, [1]);

$K_\alpha(K^y{}_\alpha)$ и $K'_\alpha(K^{y/}{}_\alpha)$ – коэффициенты влияния анизотропии грунта для характерных точек центральной и угловой вертикалей.

В случае необходимости определения значений $K_\alpha(K^y{}_\alpha)$ и $K'_\alpha(K^{y/}{}_\alpha)$ для иных точек центральной и угловой вертикалей их значения находятся интерполяцией результатов. Значения $K_\alpha(K^y{}_\alpha)$ и $K'_\alpha(K^{y/}{}_\alpha)$ получены путем сопоставления соответствующих напряжений, рассчитанных методом конечных элементов при $\alpha = 1$ и $\alpha \neq 1$. Применение изложенной методики расчета осадок фундамента целесообразно при учете влияния соседних фундаментов, а также

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

для расчета осадки слоя конечной мощности. Учет анизотропии грунтов еще более усугубляет негативные последствия, вызванные нарушением равновесия в режимах природы. Учет анизотропии необходим также и при решении проблемы утилизации и хранения различного вида отходов, т.к. характерной чертой всех ее форм (свалок, отвалов, хранилищ и т.п.) является их неоднородностью по плотности, составу и, как следствие, по прочности и деформируемости. В этих случаях естественно ожидать значительного проявления анизотропии. Установлено также, что в тех случаях, когда основание имеет показатель деформационной анизотропии $\alpha < 1$, значения расчетного сопротивления грунта основания R увеличиваются, что приводит к уменьшению размеров подошвы фундаментов и к получению известного экономического эффекта, и, наоборот, при $\alpha > 1$ требуется увеличение размеров подошвы по сравнению с установленными по [1]. Исследования показали, что применение изотропной модели для расчетов грунтовых оснований приводит к искажению действительной картины НДС основания.

Влияние деформационной анизотропии на величину прогнозируемых осадок при слабо выраженной анизотропии обычных грунтов оценивается величиной, достигающей 10-40% от расчетной осадки фундамента, расположенного на изотропном основании. Полученные данные можно использовать в расчетах оснований по деформациям при надстройке зданий и сооружений, принимая во внимание, что для анизотропных грунтов показателем анизотропии $\alpha < 1$ расчет по методике [1], не учитывающей анизотропию, приводит к завышенным значениям осадок, а также при таких способах усиления фундаментов, как уширение подошвы фундамента, устройства обойм, рубашек, наращиваний и т.п. Для грунтов, характеризующихся показателями анизотропии $\alpha > 1$, традиционный расчет дает уменьшение значения осадок, и если учесть, что для таких грунтов особенно велико влияние деформационной

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

анизотропии, т.к. это, как правило, грунты, имеющие слоистую или столбчатую текстуру, то пренебрегать этим фактом при реконструкции недопустимо. Деформационную анизотропию необходимо учитывать и при переустройстве столбчатых фундаментов в ленточные, а также при пересадке фундаментов на сваи, т.к. все вышеизложенное справедливо и для расчета свайных фундаментов и их оснований по деформациям. Обязателен учет деформационной анизотропии и при расчете осадки фундаментов при возведении нового здания около существующего, т.к. для слабых грунтов основания увеличение расчетной осадки за счет учета деформационной анизотропии может оказаться недопустимо большим, особенно с точки зрения неравномерности осадок соседних фундаментов. Предлагаемый практический метод учета деформационной анизотропии может быть рекомендован для внедрения в практику проектирования фундаментов реконструируемых и восстанавливаемых зданий.

Выводы:

1.Разработан практический метод корректировки размеров подошвы фундаментов с учетом деформационной анизотропии грунтов.

2. Выявлено заметное влияние деформационной анизотропии среды на величину прогнозируемых осадок фундаментов (от 5 до 40%) даже при сравнительно слабо выраженной анизотропии обычных природных грунтов. Разработан практический метод и вспомогательные таблицы для расчета осадок фундаментов с учетом деформационной анизотропии.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Таблица 1

Напряжения σ_z, центральная вертикаль (полосовая нагрузка)																
поправочные коэффициенты α= 0,222 SIGMA 1 Вертикаль 1																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2B	0,6B	1,0B	1,4B	1,8B	2,2B	2,6B	3,0B	3,4B	3,8B	4,2B	4,6B	5,0B	5,4B	5,8B	6,2B
1-250	0,9	0,75	0,66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	0,9	0,76	0,66	0,6	0,57	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	0,9	0,77	0,67	0,62	0,58	0,56	0,55	0,53	0,52	0	0	0	0	0	0	0
4-700	0,9	0,78	0,68	0,62	0,6	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0	0	0	0
6-560	0,9	0,78	68	0,63	0,61	0,6	0,61	0,62	0,64	0,66	0,68	0,7	0,72	0,75	0,77	0,77
поправочные коэффициенты α= 0,562 SIGMA 1 Вертикаль 1																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2B	0,6B	1,0B	1,4B	1,8B	2,2B	2,6B	3,0B	3,4B	3,8B	4,2B	4,6B	5,0B	5,4B	5,8B	6,2B
1-250	0,97	0,93	0,89	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	0,97	0,93	0,89	0,86	0,85	0,84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	0,97	0,93	0,89	0,86	0,85	0,84	0,82	0,82	0,81	0	0	0	0	0	0	0
4-700	0,97	0,93	0,89	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83	0,82	0,82	0,82	0,82	0	0	0	0
6-560	0,97	0,93	0,89	0,87	0,86	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86	0,87	0,88	0,88
поправочные коэффициенты α= 1,778 SIGMA 1 Вертикаль 1 Центральная вертикаль σ_z																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2B	0,6B	1,0B	1,4B	1,8B	2,2B	2,6B	3,0B	3,4B	3,8B	4,2B	4,6B	5,0B	5,4B	5,8B	6,2B
1-250	1,02	1,06	1,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	1,02	1,05	1,09	1,11	1,13	1,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	1,02	1,06	1,09	1,11	1,13	1,14	1,15	1,16	1,16	0	0	0	0	0	0	0
4-700	1,02	1,05	1,09	1,11	1,13	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,17	1,17	0	0	0	0
6-560	1,02	1,06	1,09	1,11	1,13	1,14	1,14	1,15	1,15	1,14	1,15	1,14	1,13	1,14	1,13	1,13
поправочные коэффициенты α= 4,500 SIGMA 1 Вертикаль 1																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2B	0,6B	1,0B	1,4B	1,8B	2,2B	2,6B	3,0B	3,4B	3,8B	4,2B	4,6B	5,0B	5,4B	5,8B	6,2B
1-250	1,04	1,12	1,21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	1,04	1,12	1,21	1,28	1,32	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	1,04	1,12	1,21	1,28	1,32	1,35	1,37	1,38	1,39	0	0	0	0	0	0	0
4-700	1,04	1,12	1,2	1,27	1,31	1,34	1,36	1,37	1,38	1,38	1,38	1,37	0	0	0	0
6-560	1,04	1,12	1,2	1,27	1,31	1,34	1,35	1,36	1,37	1,37	1,37	1,36	1,35	1,36	1,36	1,35

Таблица 2

Напряжения σ_z, угловая вертикаль (полосовая нагрузка)																
поправочные коэффициенты α= 0,222 SIGMA 1 Вертикаль 2																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2B	0,6B	1,0B	1,4B	1,8B	2,2B	2,6B	3,0B	3,4B	3,8B	4,2B	4,6B	5,0B	5,4B	5,8B	6,2B
1-250	0,97	0,91	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	0,97	0,91	0,8	0,71	0,65	0,62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	0,97	0,91	0,81	0,72	0,67	0,62	0,59	0,57	0,56	0	0	0	0	0	0	0
4-700	0,97	0,91	0,82	0,74	0,69	0,65	0,63	0,51	0,51	0,61	0,61	0,61	0	0	0	0
6-560	0,97	0,91	0,82	0,75	0,7	0,68	0,66	0,66	0,67	0,69	0,7	0,73	0,75	0,77	0,79	0,79
поправочные коэффициенты α= 0,562 SIGMA 1 Вертикаль 2																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2B	0,6B	1,0B	1,4B	1,8B	2,2B	2,6B	3,0B	3,4B	3,8B	4,2B	4,6B	5,0B	5,4B	5,8B	6,2B
1-250	0,99	0,97	0,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	0,99	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	0,99	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,82	0,84	0,84	0	0	0	0	0	0	0
4-700	0,99	0,97	0,94	0,91	0,89	0,87	0,84	0,85	0,84	0,84	0,84	0,83	0	0	0	0
6-560	0,99	0,97	0,94	0,91	0,9	0,89	0,87	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88
поправочные коэффициенты α= 1,778 SIGMA 1 Вертикаль 2 Угловая вертикаль σ_z																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2B	0,6B	1,0B	1,4B	1,8B	2,2B	2,6B	3,0B	3,4B	3,8B	4,2B	4,6B	5,0B	5,4B	5,8B	6,2B
1-250	1,01	1,02	1,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	1,01	1,02	1,04	1,07	1,08	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	1,01	1,02	1,04	1,06	1,09	1,11	1,12	1,13	1,14	0	0	0	0	0	0	0
4-700	1,01	1,02	1,04	1,07	1,08	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	1,15	0	0	0	0
6-560	1,01	1,02	1,04	1,06	1,09	1,1	1,11	1,12	1,13	1,12	1,15	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
поправочные коэффициенты α= 4,500 SIGMA 1 Вертикаль 2																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2B	0,6B	1,0B	1,4B	1,8B	2,2B	2,6B	3,0B	3,4B	3,8B	4,2B	4,6B	5,0B	5,4B	5,8B	6,2B
1-250	1,02	1,04	1,09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	1,02	1,04	1,09	1,14	1,2	1,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	1,02	1,04	1,09	1,15	1,21	1,25	1,28	1,31	1,33	0	0	0	0	0	0	0
4-700	1,02	1,04	1,09	1,15	1,2	1,25	1,29	1,32	1,34	1,35	1,37	1,37	0	0	0	0
6-560	1,02	1,04	1,09	1,14	1,19	1,23	1,27	1,29	1,31	1,31	1,33	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Таблица 3

Напряжения σ_x, центральная вертикаль (полосовая нагрузка)																
поправочные коэффициенты α= 0,222 SIGMA 2 Вертикаль 1																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2В	0,6В	1,0В	1,4В	1,8В	2,2В	2,6В	3,0В	3,4В	3,8В	4,2В	4,6В	5,0В	5,4В	5,8В	6,2В
1-250	2,82	2,68	1,97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	2,37	2,35	1,48	1,48	14	1,36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	2,14	2,15	1,32	1,29	1,28	1,35	1,84	2,39	2,73	0	0	0	0	0	0	0
4-700	2,06	2,06	1,28	1,2	1,25	1,33	1,56	2,31	2,27	2	2,43	2,86	0	0	0	0
6-560	2	1,91	1,19	1,13	1,07	1,06	1,09	2	2	2	2,25	2,43	4,12	1,7	0,82	0,08
поправочные коэффициенты α= 0,562 SIGMA 2 Вертикаль 1																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2В	0,6В	1,0В	1,4В	1,8В	2,2В	2,6В	3,0В	3,4В	3,8В	4,2В	4,6В	5,0В	5,4В	5,8В	6,2В
1-250	1,47	1,36	1,44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	1,37	1,33	1,22	1,2	0,98	0,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	1,33	1,23	1,1	1,15	0,73	0,62	0,48	0,39	0,36	0	0	0	0	0	0	0
4-700	1,31	1,22	1,08	1,1	0,6	0,39	0,12	0,15	0,34	2,25	2,71	2,86	0	0	0	0
6-560	1,28	1,22	1,14	1,1	0,53	0,29	0,19	0,14	0,3	2	2	2,14	3,87	3,4	3,18	3
поправочные коэффициенты α= 1,778 SIGMA 2 Вертикаль 1 Центральная вертикаль σ_x																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2В	0,6В	1,0В	1,4В	1,8В	2,2В	2,6В	3,0В	3,4В	3,8В	4,2В	4,6В	5,0В	5,4В	5,8В	6,2В
1-250	0,69	0,79	0,82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	0,74	0,83	0,87	0,78	0,8	0,98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	0,76	0,84	0,9	0,81	0,88	1,15	1,16	1,26	1,32	0	0	0	0	0	0	0
4-700	0,78	0,86	0,98	0,85	0,95	1,28	1,37	1,54	1,73	2,25	2,37	2,57	0	0	0	0
6-560	0,79	0,86	0,98	0,95	1	1,29	1,45	2	2	3	3,45	3,57	0,5	0,2	0,18	0,08
поправочные коэффициенты α= 4,500 SIGMA 1 Вертикаль 1																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2В	0,6В	1,0В	1,4В	1,8В	2,2В	2,6В	3,0В	3,4В	3,8В	4,2В	4,6В	5,0В	5,4В	5,8В	6,2В
1-250	0,4	0,47	0,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	0,46	0,54	0,6	0,55	0,72	1,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	0,49	0,7	0,68	0,63	0,8	1,08	1,1[illegible]	1,26	1,36	0	0	0	0	0	0	0
4-700	0,51	0,71	0,74	0,65	0,9	1,22	1,44	1,85	2,09	2,87	3,29	3,29	0	0	0	0
6-560	0,55	0,72	0,78	0,68	1,07	1,27	1,55	2,43	3	3	3,5	3,86	1,62	1,3	1,09	1

Таблица 4

Напряжения σ_x, угловая вертикаль (полосовая нагрузка)																
поправочные коэффициенты α= 0,222 SIGMA 2 Вертикаль 2																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2В	0,6В	1,0В	1,4В	1,8В	2,2В	2,6В	3,0В	3,4В	3,8В	4,2В	4,6В	5,0В	5,4В	5,8В	6,2В
1-250	3,71	3	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	3,15	2,7	2,25	2	1,9	1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	2,8	2,4	2,13	1,8	1,7	1,65	,163	1,36	1,33	0	0	0	0	0	0	0
4-700	2,56	2,38	2,07	1,72	1,6	1,5	1,33	1,3	1,28	2,75	2	2	0	0	0	0
6-560	2,21	2,2	2	1,6	1,5	1,4	1,3	1,28	1,26	1,25	1,21	1,11	11,4	9,75	9,15	8,64
поправочные коэффициенты α= 0,562 SIGMA 2 Вертикаль 2																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2В	0,6В	1,0В	1,4В	1,8В	2,2В	2,6В	3,0В	3,4В	3,8В	4,2В	4,6В	5,0В	5,4В	5,8В	6,2В
1-250	1,86	1,63	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	1,54	1,51	1,41	1,29	1,85	2,92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	1,41	1,39	1,37	1,25	1,6	1,09	1,15	2,07	2,07	0	0	0	0	0	0	0
4-700	1,37	1,35	1,32	1,16	1	1,5	1	1,8	2	2,75	2,33	2,07	0	0	0	0
6-560	1,34	1,31	1,29	1,12	1	1	1	1	1	1,75	1,86	1,44	3,3	2,92	2,77	2,64
поправочные коэффициенты α= 1,778 SIGMA 2 Вертикаль 2 Угловая вертикаль σ_x																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2В	0,6В	1,0В	1,4В	1,8В	2,2В	2,6В	3,0В	3,4В	3,8В	4,2В	4,6В	5,0В	5,4В	5,8В	6,2В
1-250	0,51	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	0,66	0,66	0,67	0,64	0,95	0,96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	0,71	0,74	0,76	0,72	0,98	1,27	1,31	1,36	1,33	0	0	0	0	0	0	0
4-700	0,74	0,77	0,82	0,75	1	2	1,83	2,6	2,6	1,25	1,33	1,33	0	0	0	0
6-560	0,76	0,79	0,84	0,83	1,02	2	2	3	3	1,25	1,13	1,22	-0,1	-0,08	0	0
поправочные коэффициенты α= 4,500 SIGMA 1 Вертикаль 2																
относительное заглубление	расчетные значения поправочных коэффициентов для:															
	0,2В	0,6В	1,0В	1,4В	1,8В	2,2В	2,6В	3,0В	3,4В	3,8В	4,2В	4,6В	5,0В	5,4В	5,8В	6,2В
1-250	0,12	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-500	0,32	0,4	0,43	0,46	0,7	0,72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-750	0,4	0,47	0,56	0,5	0,8	1,18	1,31	1,36	1,4	0	0	0	0	0	0	0
4-700	0,44	0,51	0,61	0,69	1	2	2	2	2,4	2,25	3	3	0	0	0	0
6-560	0,49	0,56	0,66	0,75	1,62	2	3	3	3	1,75	1,57	1,22	-1,1	-0,83	-0,77	-0,71

References

1.СП 22.13330.2016. Свод правил. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (утв. Приказом Минрегиона РФ от 16.12.2016 № 970, введ. 17.06.2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

2. Коробова О.А., Максименко Л.А., Бочарова М.А. Деформационная анизотропия грунтов и методы её учета в расчетах грунтовых оснований //THE SCIENTIFIC HERITAGE.Budapest, 2016.--№ 7(7).- VOL.3/ - P.80-83.

3. Коробова О.А., Бирюкова О.А. Лабораторные исследования деформа ционной анизотропии грунтов при инженерно-геологических изысканиях // Инженерные изыскания. – М., 2012. - № 6.- С. 24-32.

4. Коробова О.А., Максименко Л.А. Результаты исследования численными методами влияния мощности анизотропных линейно-деформируемых слоев на их осадки, //Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016- Т. 4. № 2. С. 121-126.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 2. ELECTRICAL ENGINEERING

UDC 62

Krisjanis M.V., Alekseev A.E. Evaluation of the thermal state of a linear induction motor operating as a positioner in the edging machine

Krisjanis Maya Voldemarovna,
senior lecturer of Department of electric power engineering and electrical engineering.
Scientific supervisor: **Alekseev Aleksandr Evgenyevich**,
Professor, doctor of technical Sciences.
Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk city.

Abstract. *In the article the authors consider the estimation of the thermal state of a linear induction motor operating as a positioner in the edging machine.*
Keywords: *positioner, woodworking industry, the edger.*

Today, the positioning is an integral part of the modern woodworking industry. In many technological processes of woodworking there is a need to maintain accurate and smooth movement of the saw mechanism. Depends on the quality and quantity of manufactured lumber.

Evaluation of the thermal state of a linear induction motor operating as a positioner in the edging machine. In systems of precise positioning of the process equipment widely used linear actuator on the basis of a linear induction motor. This drive creates a minimum of disturbing forces in directions divergent to the axis of displacement. Perhaps the use of such a drive to move the saw mechanism of the trimming machine. Linear asynchronous motor is used to move saw blade caliper, works in the following mode: the start, the movement by a certain value associated with the width of the cut Board, stop for cropping, moving to the starting point (reverse). I.e. the engine operates in a fairly intense cycle in the presence of dynamic regimes such as start-up, braking, reverse. Dynamic modes of the linear motor described in [1,2]. Also in this context, becomes actual the problem of research of

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

the thermal state of the engine, evaluation of the thermal state of a linear induction motor operating as a positioner in the edging machine. In systems of precise positioning of the process equipment widely used linear actuator on the basis of a linear induction motor. This drive creates a minimum of disturbing forces in directions divergent to the axis of displacement. Perhaps the use of such a drive to move the saw mechanism of the trimming machine. Linear asynchronous motor is used to move saw blade caliper, works in the following mode: the start, the movement by a certain value associated with the width of the cut board.

In addition, intermittent operation mode can be attributed to the most adverse from the point of view of defence. Periodic inclusion in the work suggests the possibility of short-term overload of the motor. The magnitude of the overload should be limited by the condition of the heating coils is not higher than the permissible value. Protection, a "witness" for the heating coil, should receive the appropriate signal. As the transient current and temperature may not correspond to each other, the protection, which is based on measuring the current, can not perform its role properly. Currently, there are various methods of calculation of temperature fields of electric machines, based on the solution of the heat equation [3,4]. The most effective methods of calculation of thermal transients based on the use of equivalent thermal circuits.

From an engineering and practical point of view optimal is the thermal mathematical model in which all parameters can be taken from calibration data calculation WAY. For such models it is necessary to introduce a number of assumptions and simplifications in the description of thermal processes in the WAY:

1) The heat capacity of the object affects the rate of temperature change of the object.

2) The thermal resistance between the object, the heat source and drain the cooler or other parts with lower temperature, characterizes the speed of the cooling process.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

3) Create models with lots of nodes, wherein each thermal unit is considered homogeneous and is characterized by a single heat capacity, resistance (conductivity – the reciprocal) with other nodes.

4) For calculating the thermal conductivity of the steel packages, taken only one conductivity along the package, without taking into account the transverse thermal conductivity.

5) The copper winding of the inductor is separated from the active steel layer of insulation, through which in the steady state goes through all the heat generated in the rod, then the heat flow is divided into two parts – through package of active steel and insulated at the surface of the rod in the channel between packets.

6) A secondary heating element also occurs in two flows on the surface in the air gap and inside.

7) The temperature of the cooling medium on the surface of the machine constant and the outflow of heat is constant (for unregulated drives or drives with external blow-off); for simulanteous drives the function of the outflow of heat from the surface of the FOOTING under all other equal conditions is a function of speed.

8) For transients (brake, start, reverse) it is necessary to consider the change of settings of heat removal at a constant value of the heat sink.

9) When powered by energy converters it is necessary to consider the additional losses in the steel of the inductor with power from non-sinusoidal voltage and current.

To implement such a mathematical model will replace a real engine, consisting of n-elements unique for each element, the specific heat capacity and heat transfer, system with a finite number of bodies. Usually, in practical calculations, the number of bodies is equal to two, five, seven, do not exceed these numbers and thermal analogs used in motor protection. The thermal state of n-th body can be described by the following equation [4,5_12.A.And.Gurevich,]:

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$C_n \frac{d\Theta_n}{dt} = \sum_{i=1}^{q(i\neq n)} \Lambda_{in}(\Theta_i - \Theta_n) + P_n \qquad (1)$$

where the heat capacity of n-th body; – temperature of the n-th body; – temperature of one of the neighboring bodies i; q – the number of bodies associated in thermal relation to the body n; – heat transfer from one of the neighboring bodies i n this body; – the power loss in this body n; t – current time.

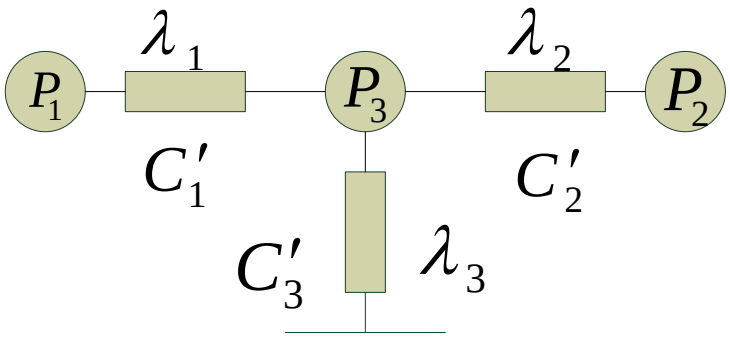


Figure1. Equivalent circuit of thermal processes in linear asynchronous engine

For the system of 3 bodies, the heat balance equation will be as follows: (2) Where - full heat capacity of the windings of the inductor, secondary element and a steel stator. - the current value of the temperature of the windings. - the current value of the losses in the windings of the inductor, secondary element and a steel stator. – the thermal resistance of the surface of the engine – the thermal resistance of the winding of the inductor. - the thermal resistance of the secondary element.

The expression for electrical losses is given by [1] (3), here =1,2-1,5 – loss factor. – effective values of currents of inductor and secondary element (4)

$$\begin{cases} I_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{{i_{1x}}^2 + {i_{1y}}^2} \\ I_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{{i_{2x}}^2 + {i_{2y}}^2} \end{cases} \qquad (4)$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Next, using analytical or numerical methods, solve the system of equations and find the values of temperature Θ1(t) Θ2(t) Θ3(t). The results will be presented in the form of graphs:

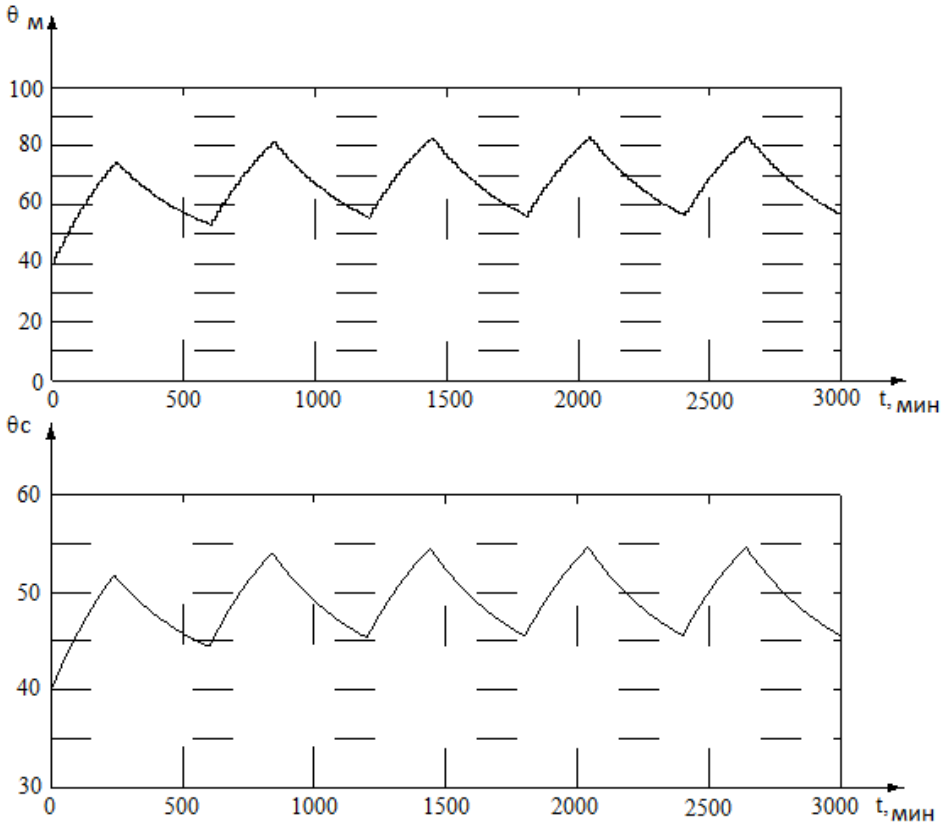


Figure 2. Characteristics of change of temperature of copper windings and steel of the inductor

So as to ensure necessary accuracy of positioning raises the question of the regulation of the speed of the engine, it was additionally considered thermal characteristics of the engine at its constant load at different frequencies of the supply voltage.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

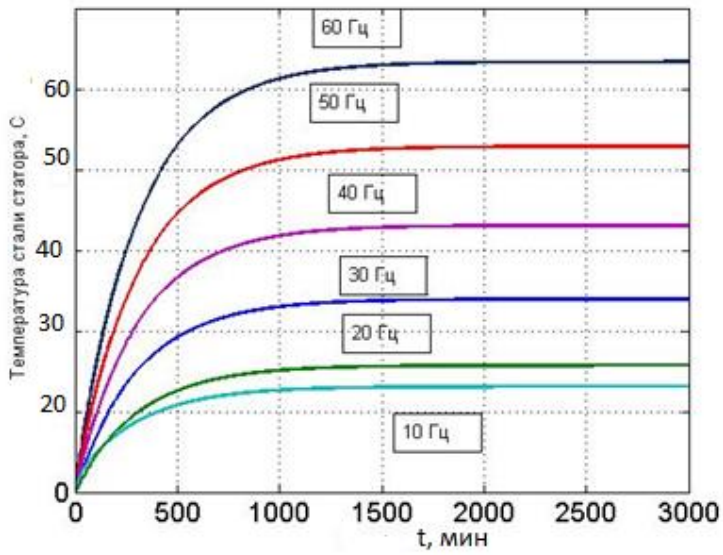


Figure 3. The temperature rise of steel inductor over the environment at fixed time and different frequencies of the supply voltage

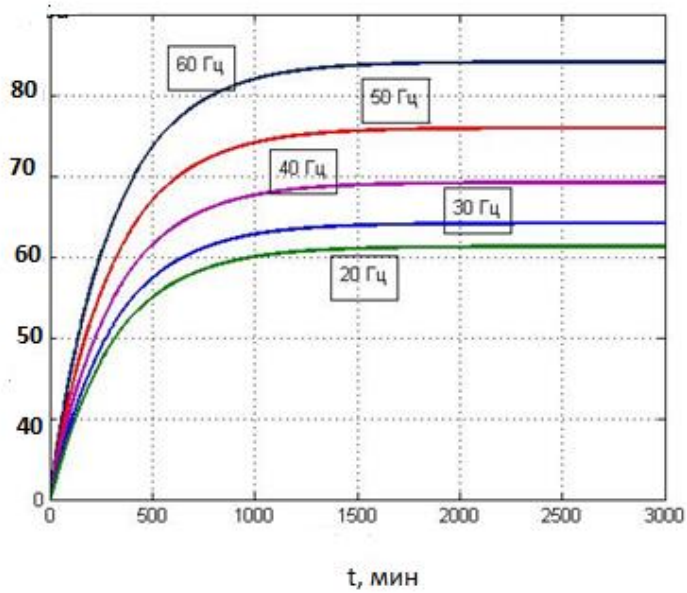


Figure 4. The temperature rise of the windings of the inductor over the environment at fixed time and different frequencies of the supply voltage

The results of preliminary studies of the thermal characteristics of cylindrical linear induction motor allows to draw the following conclusions: - Temperature

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

distribution along the windings of the inductor, and in the transverse direction is uniform. The point with the highest temperature, is the center of the groove and the heat flows from the center of the groove extend in all directions almost evenly. Analysis of the temperature distribution of the heating in the inductor confirms the correctness of the scheme of distribution of heat flows adopted in the mathematical model. Packages of the steel core inductor are the same (to heat) conditions. The only exceptions are extreme packages, the conditions of cooling which is somewhat better. - Temperature extreme packet core inductor in the longitudinal and transverse directions in the test operation of the engine is lower than the internal 4-10 %. With increasing linear load inductor temperature differential superheat increases to 15-20. The results of preliminary studies of the thermal characteristics of cylindrical linear induction motor allows to draw the following conclusions: - Temperature distribution along the windings of the inductor, and - Power loss in the steel of the inductor is determined by the supply frequency, induction in the teeth and back and steel grade.

References

1. A. E. Alekseev, V. P. Emelyanov, N. And. Markin, S. V. Petukhov. Linear electric drive of industrial mechanisms and machines. – Arkhangelsk: ASTU, 2009.- 230 C.

2. R. S. Aipov. Linear electric machines and drives based on them. – Ufa, BSAU, 2003. -202 S.

3. Sipaylov G. A., Sannikov D. I., Zhadan V. A. Thermal, hydraulic and aerodynamic calculations in electrical machines. – M.: Higher. wk., 1989. – 239 p

4. Filippov I. F. Heat transfer in electric machines. – L.: Energoatomizdat, 1986. – 256 p.

5. E. I. Gurevich, L. Yu. Rybkin "Transient thermal processes in electrical machines", Leningrad, 1983.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 621.311.14

Sazykin V. G., Kudryakov A. G., Gerasimov N. I. Improving the registration systems of emergency operation in distribution networks with voltage of 6-10 kV

Совершенствование систем регистрации аварийных режимов в распределительных сетях напряжением 6-10 кВ

Sazykin V. G.
ScD in Engineering, Professor, department of use of electric energy
Kuban State Agrarian University
Kudryakov A. G.
PhD in Engineering, Associate Professor, department of use of electric energy
Kuban State Agrarian University
Gerasimov N. I.
Graduate student, department of use of electric energy
Kuban State Agrarian University
Сазыкин В.Г.
Доктор технических наук, профессор кафедры
применения электрической энергии
Кубанский государственный аграрный университет
Кудряков А.Г.
Кандидат технических наук, доцент кафедры
применения электрической энергии
Кубанский государственный аграрный университет
Герасимов Н.И.
магистрант кафедры
применения электрической энергии
Кубанский государственный аграрный университет

Abstract. *Reviewed the conditions and features of distribution electric grids with voltage of 6-10 kV and appears in these emergency conditions. Represented the main methods of calculation and criteria for determination of the location and type of damage. Considers the system of measures on registration and removal of damages on the basis of the concept "Smart Grids" – an active-adaptive networks.*

Keywords: *electrical distribution network; the parameters of the alarm modes; definition of the location and kind of damage; Smart Grid; active-adaptive network.*

Аннотация. *Рассмотрены состояние и особенности распределительных электрических сетей напряжением 6–10 кВ и возникающих в них аварийных режимов. Приведены основные методы расчета и критерии для определения места и вида повреждения. Рассматривается система мероприятий по регистрации и устранению повреждений на основе концепции «Smart Grids» – активно-адаптивных сетей.*

Ключевые слова: *распределительная электрическая сеть; параметры аварийных режимов; определение места и вида повреждения; Smart Grid; активно-адаптивная сеть.*

Распределительные электрические сети (РЭС) напряжением 6-10 кВ составляют основу промышленных, городских и сельскохозяйственных систем

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

электроснабжения. Наибольшей протяженностью обладают воздушные линии (ВЛ) 6-10 кВ. Сельские ВЛ 6-10 кВ построены по радиальному принципу с использованием, в основном, алюминиевых и сталеалюминевых неизолированных проводов. Состояние ВЛ 6-10 кВ характеризуются существенным износом – свыше 70 % ВЛ эксплуатируются от 36 до 70 лет [1]. Высокая средняя годовая удельная повреждаемость ВЛ, достигающая до 30 технических нарушений на 100 км в год, вызывает необходимость обновления и модернизации конструкции сетей, совершенствования методов и средств регистрации, поиска и устранения аварийных режимов (АР).

Многообразие видов и характеристик повреждений, сложность структуры и условий работы ВЛ привело к разнообразию методов определения мест повреждения (ОМП) [2]. Для выполнения требований по быстроте и точности ОМП энергосистемы используют дистанционные и топографические методы. Сначала с помощью дистанционного метода ОМП определяется зона повреждения, а затем, топографическим методом устанавливается точное место повреждения.

В сельских сетях 6-10 кВ с изолированной (компенсированной) нейтралью распространены радиальные сети с односторонним питанием, поэтому определить место междуфазного короткого замыкания (КЗ), обрыва фазы или однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) точным методом двухстороннего замера как в ВЛ 110 кВ и выше с заземленной нейтралью, не представляется возможным. Для повышения точности дистанционных методов и средств необходимы специальные подходы: использование данных от указателей, устанавливаемых на опорах ВЛ; передача данных от установленных указателей, фиксирующих параметры аварийных режимов (ПАР), через передатчик (модем) по каналу связи с приемником диспетчерского пункта; использование бесконтактных локальных датчиков ПАР для установки в нескольких точках ВЛ с целью повышения точности ОМП и определения вида

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

повреждения (ОВП); применение сигнализаторов и GSM-передатчиков, которые устанавливаются непосредственно на опорах ВЛ [3] и служат для контроля ПАР и целостности провода; создание системы комплексного управления нормальными, аварийными и послеаварийными режимами, включая средства мониторинга и диагностики по типу «Smart Grids» – «умных сетей», называемых в России активно-адаптивными сетями [4].

Теоретические основы ОМП и ОВП в РЭС 6-10 кВ учитывают наиболее часто возникающие несимметричные аварийные режимы, рассчитываемые с использованием методов симметричных составляющих и фазных координат (МФК) [2].

Метод симметричных составляющих используется для расчета простых по конфигурации электрических сетей. В расчете сложных сетей и сложных АР применяется МФК, заключающийся в том, что схема РЭС разбивается на участки и моделируется 2К-полюсником. При этом используются матрицы и векторы различной размерности, с численными значениями всех элементов матриц и векторов в комплексном виде, что позволяет учитывать различные несимметрии трехфазных сетей от разрывов фазных проводов до несимметричных КЗ, а также влияние грозозащитных тросов и наличие расщепленных фазных проводов в сети.

При расчете параметров РЭС в процессе эксплуатации используются методы ОМП, основанные на измерении ПАР. Параметрами АР являются составляющие токов и напряжений и/или их комбинаций. ОМП по ПАР используют теорию пассивного и активного многополюсников и алгебру матриц [6].

В РЭС 6-10 кВ обрыв фазного провода с замыканием на землю со стороны источника (районной подстанции) считается одним из сложных АР и еще более усложняется, когда конец оборванного фазного провода со стороны подстанции соединяется с землей, а оборванный конец с противоположной

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

стороны с землей не соединен. Расчетная схема замещения ВЛ в этом режиме усложняется по сравнению с простым (без замыкания на землю) обрывом фазного провода и однофазного замыкания на землю.

Имеющиеся отличия режимов обрыва фазного провода с замыканием на землю со стороны источника и потребителя определяются значениями элементов матрицы замещения блока, описывающего место повреждения. Текущие значения элементов матрицы не оказывают влияния на алгоритм решения, поэтому для МФК схема замещения РЭС не меняется, изменяются только входные значения. Поэтому МФК в подобных ситуациях предпочтительней метода симметричных составляющих.

Дистанционное определение диапазона удаленности места повреждения от начала сети при известных параметрах ВЛ 6-10 кВ (расчетного места аварийного повреждения) можно осуществить по методике расчетных значений фазных токов и напряжений, используя интерполяционный полином с параметрами, вычисляемыми через обратную матрицу Вандермонда [6].

За счет применения системы ОВП – распознавания АР в РЭС сокращается зона поиска поврежденного участка в ВЛ, что ведет к сокращению времени аварийных отключений и повышению надежности электроснабжения.

В качестве расчетных критериев ОВП при АР могут служить, проверенные расчетами отношения токов и напряжений поврежденных фаз к токам и напряжениям неповрежденных фаз [5].

Наилучший результат в поиске и устранении повреждений в электрической сети достигается при системном использовании исчерпывающих исходных данных, эффективных методов и средств обнаружения мести и вида повреждения, слаженных и быстрых действий диспетчера и линейного персонала, имеющих обратную связь для обсуждения результатов проделанной работы [7]. Организация мероприятий поиска повреждений осуществляется в соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 1.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

При возникновении повреждения на ВЛ установленными датчиками комплекса ОМП и ОВП формируются параметры аварийного режима. На основе заложенных алгоритмов осуществляется расчет предполагаемых места и вида повреждения.

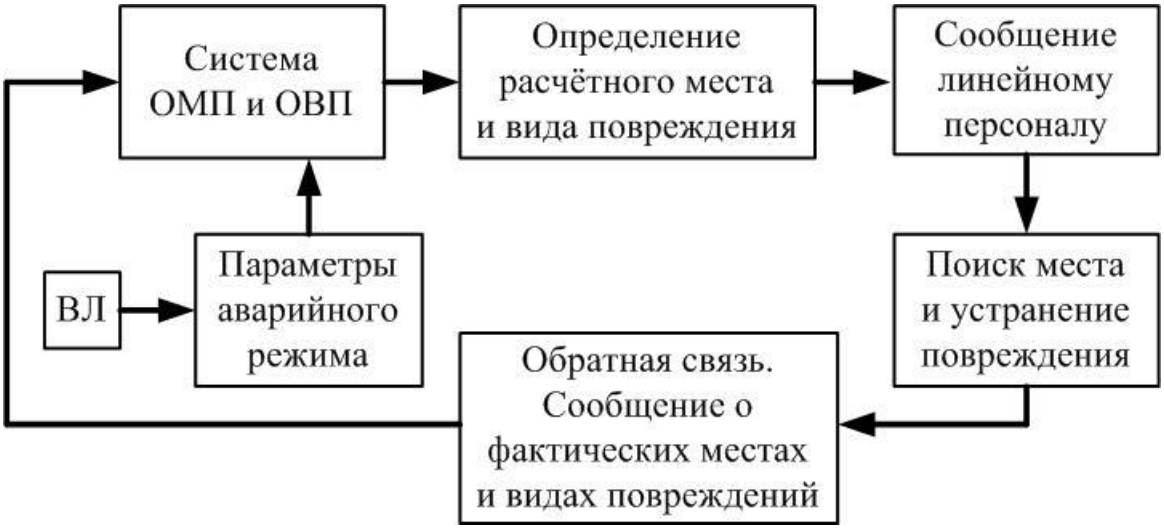


Рисунок 1. Структурная схема системы ОМП и ОВП РЭС

Работа устройств ОМП и ОВП после выполнения их функций не завершается. Продолжение их работы заключается в поиске места повреждения ВЛ. И до тех пор, пока не будет найдено место повреждения, сделать вывод о результате работы устройств ОМП нельзя. Полученная информация расчетным путем сообщается линейному ремонтному персоналу. При этом задается рекомендуемая зона обхода. Зона обхода – это часть ВЛ, находящаяся по обе стороны от расчётного места повреждения, которая с высокой вероятностью указывает фактическое повреждение, находящееся в ее пределах. На основе полученных данных осуществляется поиск и устранение повреждения. Определение места и вида повреждения, организация проведения восстановительных работ и последующий анализ полученных результатов являются целью функционирования всей системы ОМП и ОВП.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Дистанционные методы и средства ОМП позволяют существенно сократить продолжительность поиска повреждений. При этом многообразие аварийных режимов, видов и характера повреждений ВЛ, а также организационная структура и условия работы районов электрических сетей не дают возможности использования одного универсального метода ОМП. Также сложно разработать универсальный измерительный прибор, удовлетворяющий требованиям, предъявляемых предприятиями электрических сетей при организации ОМП. Поэтому расчетным путем на основе режимных параметров модели РЭС определяются расстояния до мест междуфазных КЗ, используя параметрические методы. Установлено, что наиболее точно определение расстояний до трех- и двухфазных коротких замыканий может быть выполнено при использовании методов мгновенных значений тока и напряжения.

Для определения зоны и наиболее вероятного места междуфазного повреждения в РЭС целесообразно расстояние до места повреждения рассчитывать по трем-четырем аналитическим выражениям на основе данных многократного измерения ПАР с последующей статистической обработкой полученных данных.

Использование топографических методов по данным установленных локальных датчиков токов и напряжений АР дает возможность проводить расчеты для определения предполагаемого места повреждения и определения его вида. Переход от визуального ОМП и ОВП к бесконтактной диагностики АР, например по изменению электромагнитного поля ВЛ с использованием беспроводных систем передачи данных позволяет повысить эффективность обслуживания РЭС. При установке датчиков электромагнитного поля на специальных опорах ВЛ [3] можно определять все ПАР контролируемых участков РЭС.

Важной проблемой для новой системы диагностики становится передача контролируемых данных. Большинство районных подстанций 35-

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

110/6-10 кВ и РЭС 6-10 кВ эксплуатируются без постоянного дежурного персонала. При этом необходимые эксплуатационные работы выполняются оперативными выездными бригадами. Сведения о нарушении электроснабжения и АР направляются диспетчеру района или предприятия электрических сетей.

В рассматриваемой системе прообраза «умной распределительной сети» – информационно-измерительной системе могут быть использованы контактные и бесконтактные датчики регистрации места повреждения ВЛ. Передача информации осуществляется по возможным вариантам связи, например, мобильной (GPRS/3G/4G). Micro SCADA [8] автоматически формирует и отправляет сообщение в виде SMS одной или нескольким заранее определённым ремонтным бригадам. Получаемое SMS будет содержать текст об АР, определяемый в результате диагностики, а также дату и время.

References

1. Сазыкин В.Г., Кудряков А.Г. Децентрализованное управление распределительными электрическими сетями 6–10 кВ АПК. Актуальные вопросы технических наук: теоретический и практический аспекты. Коллективная монография / под ред. И.В. Мирошниченко. УФА: АЭТЕРНА. 2017. С. 64–87.

2. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях. М.: Энергоиздат. 1982. 312 с.

3. Шилин А.А., Артюшенко Н.С., Дементьев С.С. «Умные» опоры воздушных линии электропередачи // III Российская молодежная научная школа-конференция «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи». Нац. исслед. Томский политехн. ун-т. Томск. 2015. С. 235–239.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

4. Чичёв С.И., Глинкин Е.И. Технология «Smart Power Grid» («Умные электрические сети») // Энергобезопасность и энергоснабжение, 2010. № 6 (36). 2010. С. 27–31.

5. Солдатов В.А., Рысина Н.Н. Определение вида аварийных режимов в сетях 10 кВ: Актуальные вопросы развития науки и технологий: сб. статей заочной международной научно-практ. конф. молодых учёных. Караваево: Костромская ГСХА. 2017. С. 233–238.

6. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: Наука. 1987.

7. Беляков Ю.С. Актуальные вопросы определения мест повреждения воздушных линий электропередачи. М.: НТФ «Энергопрогресс». 2010. 76 с.

8. MicroSCADA Pro для диспетчеризации сети и управления распределением электроэнергии. М.: ООО «АББ Автоматизация». 2015. 12 с.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 3. ELECTRONICS ENGINEERING

UDC 62

Pudovkin, A.P., Danilov S.N., Ivanov A.V., Panasyuk Yu.N. Estimation of location coordinates in the system of vehicle control to ensure traffic safety

Оценивание координат местоположения в системах управления автомобилем в целях обеспечения безопасности движения

Pudovkin Anatoly P.,
Ph. D., Professor, FGBOU VO "TSTU"
Danilov Stanislav N.,
Ph. D., Professor,FGBOU VO "TSTU"
Ivanov Aleksandr V.,
Ph. D., Professor,FGBOU VO "TSTU"
Panasyuk Yuri N.,
Ph. D., associate Professor, FGBOU VO "TSTU"
Пудовкин Анатолий Петрович,
д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО "ТГТУ"
Данилов Станислав Николаевич,
д.т.н., профессор,ФГБОУ ВО "ТГТУ"
Иванов Александр Васильевич,
д.т.н., профессор,ФГБОУ ВО "ТГТУ"
Панасюк Юрий Николаевич,
к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО "ТГТУ"

Abstract. *Consideration is given to the construction of a navigation and control system for driving a car (vehicle control system). To determine the coordinates and parameters of motion by signals from the inertial navigation system, the satellite radio navigation system, airborne radar sensors by the methods of optimal linear estimation of random processes. On the basis of the synthesized complex algorithms, a structural diagram of the navigation system has been developed, the potential characteristics of accuracy have been calculated, an approach to determining the degree of danger of mobile and immobile objects surrounding the vehicle has been developed based on the estimation methods in the state space. An algorithm for assessing the danger of the situation has been developed, recommendations on the type of primary meter in the form of a radar tracking channel for traffic participants.*

Keywords: *navigation system, linear estimation, tracking channel, hazard ratio, algorithm, coordinate system.*

Аннотация. *Рассмотрены вопросы построения навигационной и управляющей системы вождения автомобиля (системы управления автомобилем). Для определения координат и параметров движения по сигналам от инерциальной навигационной системы, спутниковой радионавигационной системы, бортовых радиолокационных датчиков методами оптимального линейного оценивания случайных процессов. На основе синтезированных комплексных алгоритмов разработана структурная схема навигационной системы, рассчитаны потенциальные характеристики точности, на основе методов оценивания в пространстве состояний выработан подход к определению степени* опасности подвижных и неподвижных объектов, окружающих автомобиль, и предложен алгоритм оценки опасности ситуации, выработаны рекомендации по типу первичного измерителя в виде *радиолокационного канала слежения за*

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

соучастниками движения.

Ключевые слова: *навигационная система, линейное оценивание, канал слежения, коэффициент опасности, алгоритм оценивания, радиолокационный канал, траектория, датчики, координаты, скорость, система координат.*

Введение. Перспективным направлением развития автомобилестроения является создание беспилотных автомобилей (самоуправляемых автомобилей). В данный момент практически все большие автоконцерны, такие как General Motors, Ford, Mersedes Benz, Volkswagen, Audi, BMW, Volvo, Caddilaci и другие занимаются разработкой систем управления автомобилем без участия человека. Наибольшего успеха среди всех разработчиков, добилась корпорация Google, разработки которой реализованы на 6 опытных автомобилях Lexus RX 450h, Ауди ТТ и Toyota Prius [1].

Для решения задачи вождения автомобиля без участия человека используются навигационные системы вождения (системы управления автомобилем), функционально состоящие из двух частей. В первую часть включается инерциальная навигационная система (ИНС) и аппаратура приема (АП) сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС), которые совместно с бортовым компьютером обеспечивают определение координат местоположения начальной и конечной точек движения, а также текущие координаты автомобиля (параметры движения и пространственное направление движения автомобиля). Особенностью работы инерциальной навигационной системы является постепенное с течением времени увеличение погрешности определения координат местоположения, значение которой может достигнуть неприемлемой величины. Поэтому для коррекции координат местоположения (списания накопившейся погрешности) используется спутниковая радионавигационная система. Во вторую часть входят датчики, устройства и системы (датчик LIDAR лазер, набор видеокамер, радары, датчик оценки положения), которые определяют положение автомобиля относительно

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

других автомобилей, относительно разметки, относительно различных препятствий, обеспечивая его передвижение по дороге.

Анализ систем управления беспилотных автомобилей выявил большое число проблем, возникающих перед конструкторами в процессе их разработки. Так, например, на данный момент беспилотные автомобили обладают следующими недостатками.

–беспилотные автомобили не могут передвигаться под проливным дождем и в условиях заснеженной местности. Связано это с тем, что идентификация местности производится посредством сравнения заблаговременно отснятых фотографий с результатами визуализации окружающего ландшафта сканируемого системами автомобиля. Благодаря такому подходу система может отличить пешехода от обычного телеграфного столба, но при плохих погодных условиях система сделать это бессильна;

–автомобили не в состоянии распознавать временные сигналы светофора. Они не могут отличать пешеходов от полицейских или скомканную бумагу от камня.

Таким образом, движение автомобиля в плохую погоду (сильный дождь, туман, снегопад и пр.), а также загрязнение или отказ датчиков приводит к тому, что основными системами, которые служит для определения координат и параметров движения автомобиля остаются инерциальная навигационная система и спутниковая радионавигационная система.

Цель работы – разработка алгоритмов определения координат местоположения автомобиля методами оптимального линейного оценивания и определения положения автомобиля относительно других автомобилей и различных препятствий, для обеспечения его передвижения по дороге.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

1. Разработка алгоритмов определения координат по данным спутниковой радионавигационной системы и инерциальной навигационной системы

Постановка задачи. Синтез оптимальных алгоритмов выполним только в горизонтальной плоскости. Положение автомобиля зададим в геоцентрической СК широтой $\varphi(t)$ и долготой $\lambda(t)$. Полагаем, что сигналы на выходе ИНС по скорости преобразованы в геоцентрическую систему координат (СК), оси которой совпадают с северным, восточным направлениями. Выходные сигналы ИНС в дискретные моменты времени t_k, $k = 0,1,2,\ldots$представим аналогично [2, 3] в виде

$$Z_N^{ИНС}(t_{k+1}) = V_N(t_{k+1}) + \varepsilon_N(t_{k+1}), \quad Z_E^{ИНС}(t_{k+1}) = V_E(t_{k+1}) + \varepsilon_E(t_{k+1}), \tag{1}$$

где $Z_N^{ИНС}(t_{k+1})$, $Z_E^{ИНС}(t_{k+1})$ – измеренные значения горизонтальных составляющих вектора земной скорости; $\varepsilon_N(t_{k+1})$, $\varepsilon_E(t_{k+1})$ – флуктуационные ошибки измерения составляющих скорости, описываемые выражениями:

$$\begin{gathered}
\varepsilon_N(t_{k+1}) = \varepsilon_N(t_k) + T\Delta_{aN}(t_k) + \sigma_a\sqrt{\frac{2T}{\alpha_a}}n_{aN}(t_k); \\
\varepsilon_E(t_{k+1}) = \varepsilon_E(t_k) + T\Delta_{aE}(t_k) + \sigma_a\sqrt{\frac{2T}{\alpha_a}}n_{aE}(t_k); \\
\Delta_{aN}(t_{k+1}) = \Delta_{aN}(t_k); \\
\Delta_{aE}(t_{k+1}) = \Delta_{aE}(t_k),
\end{gathered} \tag{2}$$

в которых $n_{aN}(t_k)$, $n_{aE}(t_k)$ – выборки взаимонезависимых гауссовских случайных процессов с нулевыми математическими ожиданиями и единичными

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

дисперсиями;; α_a – коэффициент, характеризующий ширину спектра флуктуационных ошибок; σ_a^2 – дисперсия флуктуационных ошибок; - интервал дискретизации; $\Delta_{aN}(t_k)$, $\Delta_{aE}(t_k)$ - постоянные (медленно меняющиеся) ошибки измерения.

Считаем, что аппаратура приема сигналов СРНС представляет собой M - канальный приемник и обеспечивает прием радиосигналов СРНС типов NAVSTAR и ГЛОНАСС. Сигналы о координатах местоположения автомобиля на выходе аппаратуры приема в дискретные моменты времени t_k, $k = 0,1,2,\ldots$ представим в виде [4]

$$\varphi^{CPHC}(t_{k+1}) = \varphi(t_{k+1}) + \sigma_\varphi n_\varphi(t_{k+1}), \qquad \lambda^{CPHC}(t_{k+1}) = \lambda(t_{k+1}) + \sigma_\lambda n_\lambda(t_{k+1}), \qquad (3)$$

где $\varphi^{CPHC}(t_{k+1})$, $\lambda^{CPHC}(t_{k+1})$ – измеренные значения широты и долготы местоположения; $\varphi(t_{k+1})$, $\lambda(t_{k+1})$ – истинные значения широты и долготы местоположения; $n_\varphi(t_{k+1}), n_\lambda(t_{k+1})$ – выборки взаимонезависимых гауссовских процессов с нулевыми математическими ожиданиями и единичными дисперсиями; $\sigma_\varphi, \sigma_\lambda$ – среднеквадратические ошибки измерения широты и долготы местоположения.

Динамика изменения во времени геоцентрических широты $\varphi(t)$ и долготы $\lambda(t)$ описывается системой дифференциальных уравнений [3]:

$$\frac{d\varphi(t)}{dt} = \frac{1}{R(t)} V_N(t), \quad \varphi(t_0) = \varphi_0;$$

$$\frac{d\lambda(t)}{dt} = [R(t)\cos(\varphi(t)]^{-1} V_E(t); \qquad (4)$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

где $R(t) = R_0 + h_p(t)$; R_0 - радиус геоцентрической (сферической) СК, $h_p(t)$ – случайное отклонение рельефа поверхности Земли относительно R_0. Системе дифференциальных уравнений (4)

Для задания математических моделей изменения составляющих ($V_N(t), V_E(t)$) вектора скорости в горизонтальной плоскости в системе уравнений (4) применим подход распределения информации [2]. В соответствии с этим подходом заменим истинные значения V_N , V_E в выражении (4) на измеренные ИНС значения, описываемые выражением (1), т.е. используем в качестве компонент вектора управления выходные сигналы ИНС. Тогда переходя от системы дифференциальных уравнений (4) к системе разностных уравнения получим:

$$\varphi(t_{k+1}) = T\frac{1}{R(t_k)}Z_N^{ИНС}(t_k) - T\frac{1}{R(t_k)}\varepsilon_N(t_k);$$

$$\lambda(t_{k+1}) = T[R(t)\cos(\varphi(t)]^{-1}Z_E^{ИНС}(t_k) - T[R(t)\cos(\varphi(t)]^{-1}\varepsilon_E(t_k). \qquad (5)$$

Вектор состояния $\mathrm{X}(t)$ сформируем в геоцентрической СК. Вектор состояния включает шесть компонент и имеет вид $\mathbf{X}^T(t) = [\varphi(t), \lambda(t), \varepsilon_N(t), \varepsilon_E(t), \Delta_{aN}(t), \Delta_{aE}(t)]$, а изменение его во времени, в соответствии с (2), (5) может быть описано разностным векторно-матричным стохастическим уравнением

$$\mathbf{X}(t_{k+1}) = \mathbf{\Phi}_{xx}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}(t_k) + \mathbf{\Psi}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}(t_k) + \mathbf{\Gamma}_x(t_{k+1}, t_k)\mathbf{N}_x(t_k), \quad \mathbf{X}(t_0) = \mathbf{X}_0, \qquad (6)$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

где $\mathbf{W}^T = [Z_N^{ИНС}, Z_E^{ИНС}]$ – известный вектор управления; $\mathbf{N}_x^T = [n_{aN}, n_{aE}]$ – вектор взаимонезависимых стандартных белых гауссовских шумов; $\mathbf{\Phi}_{xx}$, $\mathbf{\Psi}$ и $\mathbf{\Gamma}_x$ – известные матрицы.

Из выходных сигналов аппаратуры приема СРНС (3) образуем, вектор наблюдения $\mathbf{\Xi}^T(t_{k+1}) = [\varphi^{СРНС}(t_{k+1}), \lambda^{СРНС}(t_{k+1})]$, который в дискретные моменты времени $t = kT$, $k = 0,1,2,...$ представим в виде

$$\Xi(t_{k+1}) = \mathbf{H}(t_{k+1})\mathbf{X}(t_{k+1}) + \mathbf{\Gamma}_{\Xi}(t_{k+1})\mathbf{N}_{\Xi}(t_{k+1}), \qquad (7)$$

где $\mathbf{H}(t_k)$ – известная матрица наблюдения размером (2x6); $\mathbf{\Gamma}_{\Xi}(t_{k+1})$ - известная матрица размером (2x2) с ненулевыми элементами: $г_{11} = \sigma_{\varphi}$, $г_{22} = \sigma_{\lambda}$; $\mathbf{N}_{\Xi}(t_{k+1}) = [n_{\varphi}(t_{k+1}), n_{\lambda}(t_{k+1})]^T$ - вектор шумов наблюдения.

Получим методами оптимального линейного оценивания оптимальные по критерию минимума апостериорных дисперсий ошибок оценивания комплексные алгоритмы обработки сигналов инерциальной навигационной системы (1) и выходных сигналов аппаратуры приема сигналов спутниковых радионавигационных систем (3) с учетом модели изменения оцениваемого процесса (6).

Оптимальные алгоритмы. Комплексные оптимальные алгоритмы обработки сигналов инерциальной навигационной системы и выходных сигналов аппаратуры приема сигналов спутниковых радионавигационных систем синтезированные методами оптимального линейного оценивания имеют вид [2]

$$\mathbf{X}^*(t_{k+1}) = \mathbf{\Phi}_{xx}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}^*(t_k) + \mathbf{\Psi}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}(t_k) +$$

$$+\mathbf{K}(t_{k+1})\left[\mathbf{\Xi}(t_{k+1}) - \mathbf{H}(t_{k+1})\mathbf{\Phi}_{xx}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{X}^*(t_k) - \mathbf{H}(t_{k+1})\mathbf{\Psi}(t_{k+1}, t_k)\mathbf{W}(t_k)\right], \qquad (8)$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

где $\mathbf{K}(t_{k+1})$ – матрица оптимальных коэффициентов передачи размером (3×3) определяется соотношениями:

$$\mathbf{K}(t_{k+1}) = \mathbf{P}(t_{k+1}\,|\,t_k)\mathbf{H}^T(t_{k+1})\left[\mathbf{H}\ (t_{k+1})\mathbf{P}(t_{k+1}\,|\,t_k)\mathbf{H}^T(t_{k+1}) + \mathbf{\Gamma}_{\Xi}(t_{k+1})\mathbf{\Gamma}_{\Xi}^{\mathrm{T}}(t_{k+1})\right]^{-1};$$

$$\mathbf{P}(t_{k+1}\,|\,t_k) = \mathbf{\Phi}_{xx}(t_{k+1},t_k)\mathbf{P}(t_k)\mathbf{\Phi}_{xx}^T(t_{k+1},t_k) + \mathbf{\Gamma}_x(t_{k+1},t_k)\mathbf{\Gamma}_x^T(t_{k+1},t_k)\,; \qquad (9)$$

$$\mathbf{P}(t_{k+1}) = \left[\mathbf{I} - \mathbf{K}(t_{k+1})\mathbf{H}(t_{k+1})\right]\mathbf{P}(t_{k+1}\,|\,t_k)\,,$$

в которых $\mathbf{P}(t_{k+1}\,|\,t_k)$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок прогнозирования размером (6×6); $\mathbf{P}(t_{k+1})$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок оценивания размером (6×6); $\mathbf{I}$ – единичная матрица размером (6×6).

Структурная схема обработки информации, разработанная в соответствии с алгоритмом (8), представлена на рисунке 1.

В состав схемы входят сумматоры, усилители и линии задержки. На вход схемы поступают сигналы с выходов инерциальной навигационной системы и аппаратуры приема сигналов спутниковой радионавигационной системы.

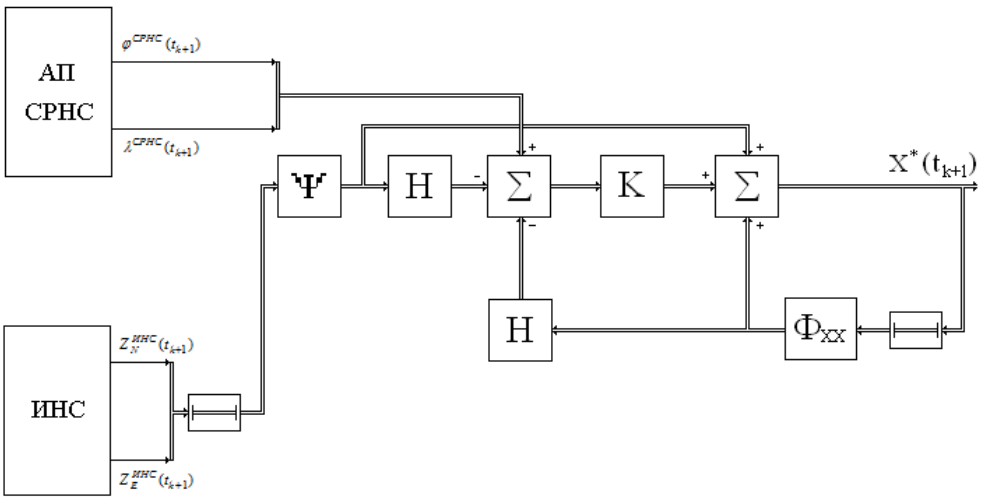


Рисунок 1

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Для оценки возможностей синтезированных алгоритмов был произведен расчет потенциальных характеристик точности путем решения системы разностных уравнений (9). Стационарные значения апостериорных дисперсий ошибок оценивания координат (широты и долготы) при пересчете в квадратные метры составили порядка двух квадратных метров при среднеквадратических ошибках измерения широты и долготы местоположения спутниковой радионавигационной системой $\sigma_\varphi, \sigma_\lambda$, также пересчитанных в метры и имеющих значения три метра. Таким образом, синтезированные комплексные оптимальные алгоритмы позволяют определять координаты местоположения автомобиля с высокой точностью.

2. Структура информационной системы обеспечения безопасности движения автомобиля

Постановка задачи. Эффективным средством наблюдения за обстановкой является датчик радиолокационного диапазона из-за его независимости от времени суток и всепогодности.

РЛ системы позволяют обнаруживать, отслеживать объекты и обрабатывать изображения.

Уровень развития технологии и снижение себестоимости РЛ систем, а также стандартизация, обеспечили массовое проникновение радарной технологии на различные рынки. Радары выполняют функции обнаружения объектов и слежения, в том числе и в автомобильной технике, для предупреждения фронтальных аварий.

Радарные системы миллиметрового диапазона, работающие в диапазоне 76-77 ГГц, с радарами дальнего диапазона (РДД), могут обнаруживать и распознавать объекты и определять расстояния в диапазоне 1-150 м с

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

разрешением в 1 м, причем в общем случае может быть оценены дальность, относительная скорость и азимутальный угол объекта-цели.

Современные РЛ системы такого типа работают в диапазоне 40-300 ГГц (1-7,5 мм), используя импульсные или непрерывные сигналы [6].

Радары диапазона 11 ГГц имеют ширину диаграммы направленности 10°. Часто же необходимо расширить ее до 360°.

В феврале 2002 года Федеральная комиссия связи одобрила частоту 24 ГГц для автомобильных радаров малой дальности действия.

Стандартизируются и уровни передаваемых мощностей. Максимальная (пиковая) передаваемая мощность (мощность, переданная ненаправленным изотропным излучателем), определяется как 100 мВт максимум (или +20 дБм для частот свыше 10 ГГц) и максимум 25 мВт (+14 дБм для частот ниже 10 ГГц).

Важнейшим преимуществом радаров является их значительная нечувствительность к погодным условиям, в отличие от лидаров и ультразвуковых датчиков, а также камер видимого и ИК-спектра.

Использование лазерных локаторов (лидаров) представляет собой недорогую альтернативу стандартным микроволновым и миллиметровым радарным системам. В среднем они в два раза дешевле РЛС. В свою очередь радары диапазона 24 ГГц стоят меньше радаров диапазона 77 ГГц [6].

Таким образом, преимущества радарного метода перед ультразвуковыми, оптическими, лазерными и тепловыми методами базируются на следующих особенностях:

- работа в любых погодных условиях;
- быстродействие, возможность одновременного измерения координат и параметров движения;
- хорошая электромагнитная совместимость с другими системами;
- практически полное отсутствие старения;
- высокая точность и надежность предоставляемой информации.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

РЛ система включает антенну, передатчик, приемник. Основная задача радара – это обнаружение объекта в зоне действия радиолокатора.

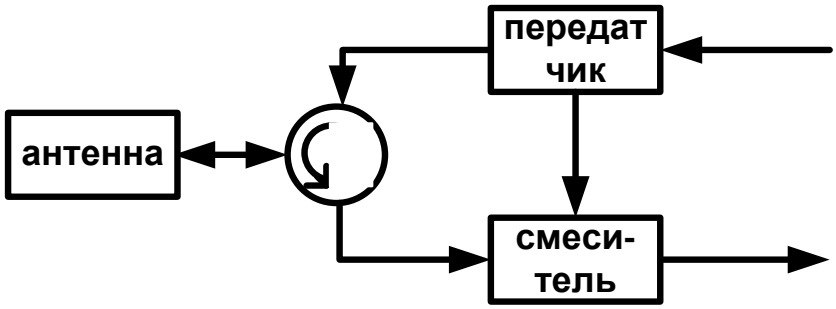


Рисунок 2. Работа на передачу и прием через антенный переключатель

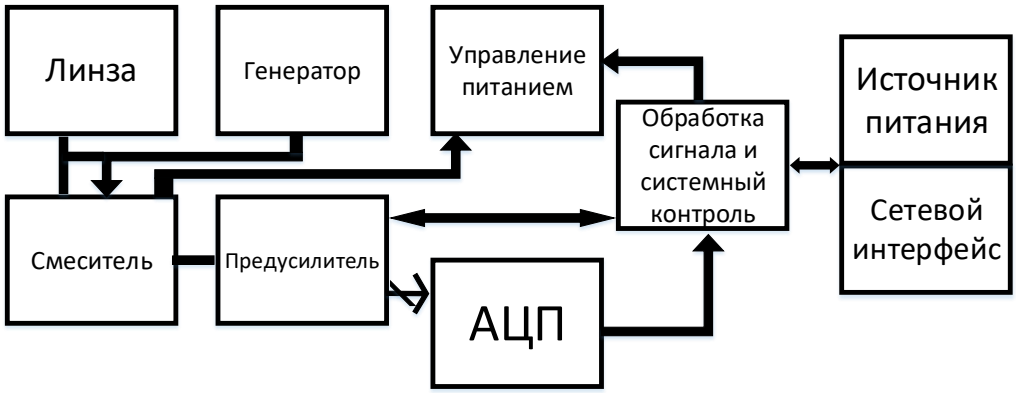


Рисунок 3.Структура импульсного радиолокационного датчика

Любой измерительный прибор обладает некоторой погрешностью, на него может оказывать влияние большое количество внешних и внутренних воздействий, что приводит к тому, что сигнал от него оказывается зашумленным. Для решения этой проблемы можно использовать фильтрацию в пространстве состояния (ФПС).

Оптимальный алгоритм. В связи с этим представляет интерес синтез систем оценки координат и параметров движения наиболее опасных подвижных и неподвижных объектов, окружающих данный автомобиль и нахождение

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

оптимального варианта данного критерия для построения безопасной траектории движения.

Для системы управления автомобилем может быть синтезирован алгоритм обработки данных, который снижает действие помех. В данном случае задается априорная информация о характере системы, связи переменных и на основании этого строится более точная оценка.

Фильтрация ПС использует динамическую модель системы, известные управляющие данные и множество последовательных измерений для формирования оптимальной оценки состояния [7, 8, 9].

Поскольку движение происходит в горизонтальной плоскости, при оценке процесса относительного перемещения использовались полярные координаты: D – дальность до опасного объекта, изменяющаяся со скоростью V_r; φ – его азимутальный угол.

Для упрощения системы оценки для канала дальности и угла формируются отдельно.

Модели измерения имеют вид:

$$Z_k^{<i>} = H^{<i>} \times X_k^{<i>} + N_k^{<i>}, \quad (1)$$

где k – дискретное время: k = 0...M; $Z_k^{<i>}$ – отсчеты соответствующих процессов; $N_k^{<i>}$ – дискретный белый шум; $X_k^{<i>}$ – переменные, описывающие динамику системы (полярные координаты); $H^{<i>}$ – матрица, определяющая отношение между измерениями и состоянием системы; i = 1, 2.

Модель состояния измеряемого вектора имеет вид:

$$X_k^{<i>} = \Phi_{k/(k-1)}^{<i>} \times X_{k-1}^{<i>} + N_k^{<i>}, X_0^{<i>} \quad (2)$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

где $\Phi_{k/(k-1)}^{<i>}$ – переходная матрица (для полярных координат); $X_0^{<i>}$ – начальные данные.

На основе выражений для модели изменения координат и модели состояния можно получить уточненную оценку координат цели $X_k^{<i>}$, оценить величину ошибки, с которой эта оценка получена.

Рекуррентные уравнения для такой оценки имеют вид:

$$\widehat{X_k^{<i>}} = \Phi_{k/(k-1)}^{<i>} \times \widehat{X_{k-1}^{<i>}} + K_k^{<i>} \times [Z_k^{<i>} - H^{<i>} \times \Phi_{k/(k-1)}^{<i>} \times \widehat{X_{k-1}^{<i>}}] \quad , \quad \widehat{X^{<i>}}_0 \quad (3)$$

где $K_k^{<i>}$ – матрица коэффициентов усиления, рассчитываемая на основе уравнений.

Таким образом, система обеспечения безопасности движения автомобиля с применением радиолокационного датчика, с обработкой полученных от него данных на основе модели измерения и модели состояния оцениваемого вектора и рекуррентных уравнений оценивания позволяет решить задачу повышения точности и надежности оценок координат и параметров движения сопутствующих автомобилей в любое время суток и в любых погодных условиях. Кроме того может быть дан прогноз изменения параметров движения и степени опасности ситуации.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

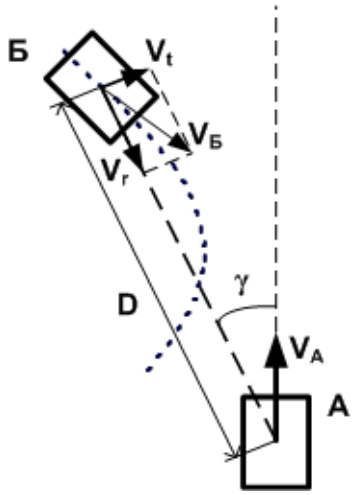


Рисунок 4. Схема движения автомобилей

На рисунке 4 представлена ситуация движения рассматриваемого автомобиля А и соучаствующего в движении автомобиля Б.

Автомобиль А движется со скоростью V_A, Б – со скоростью $V_Б$, между ними есть некоторое расстояние D и угол γ. Задача состоит в том, чтобы предотвратить ситуацию столкновения автомобилей.

Для правильной реакции на обстановку на дороге в первую очередь следует учитывать движение и прогноз движения наиболее опасных окружающих объектов [10, 11].

Представляется целесообразным в качестве критерия опасности использовать коэффициент опасности k_{OD}.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

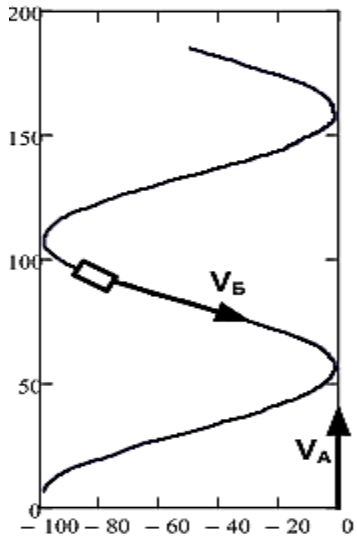


Рисунок 5

Можно рассматривать различные варианты расчета такого коэффициента, определяемые как

$$k_{OD} = f(D, V_{сб}, \gamma, \omega), \quad (10)$$

где $V_{сб}$- нормированное значение скорости сближения с объектом, D - нормированное значение дальности до объекта, γ- нормированное значение угла и ω - угловой скорости линии визирования препятствия или движущегося средства.

Анализ результатов моделирования и экспертные оценки показали, что достаточно точно соответствующим ситуации коэффициентом является коэффициент имеющий вид:

$$k_{OD} = f(D, V_{сб}, \gamma). \quad (11)$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Моделирование проводилось в условиях встречного для автомобиля А движения автомобиля Б по волнообразной траектории (рис.6), включающей случайную составляющую.

На траектории можно выбрать самые опасные и безопасные точки траектории движения.

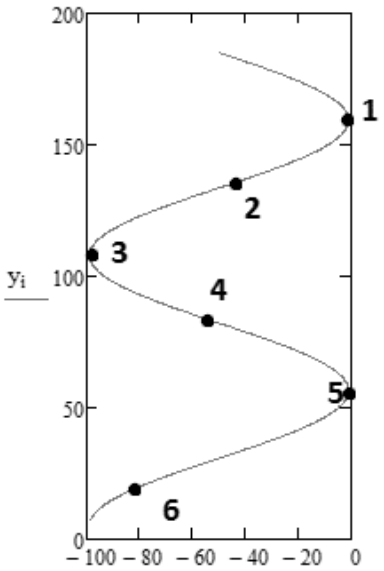


Рисунок 6

Точка 5 является точкой самой опасной ситуации движения на данной траектории, как и точка 1, точка же 6 самой безопасной. На рисунке 7 представлено изменение коэффициента опасности при движении по траектории. Помеченные точки на рисунке соответствуют точкам рис. 6.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

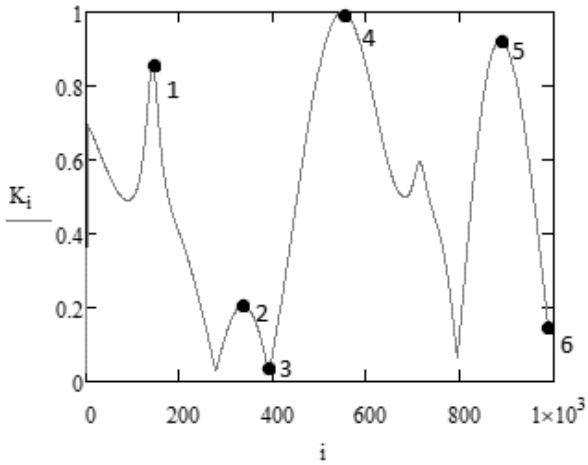


Рисунок 7. Изменение коэффициента k_{OD} в зависимости от скорости объекта, дальности до него и угла визирования

Экспертный анализ результатов показал эффективность выбранного подхода к вычислению k_{OD}.

Таким образом, из выражения (11) видно, что информационная система обеспечения безопасности движения беспилотного автомобиля должна включать первичные измерители расстояния до препятствия, скорости сближения с ним и угла визирования его, а также алгоритм вторичной обработки информации.

References

1. Как это работает: беспилотный автомобиль Google - http://robotosha.ru/robotics/how-it-works-driverless-car-google.html.

2. Ярлыков, М.С. Статистическая теория радионавигации / М.С. Ярлыков. – М.: Радио и связь, 1985. – 344 с.

3. Бабич, О.А. Обработка информации в навигационных комплексах / О.А. Бабич. – М.: Машиностроение, 1991. – 512 с.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

4. Иванов, А.В. Навигация наземных объектов / А.В. Иванов, Н.А. Иванова. – LAPLAMBERT Academic Publishing, 2013. – 120 с.

5. Иванов, А.В. Автономный контроль целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем методами сравнения и невязок / А.В. Иванов, А.П. Негуляева , С.П. Москвитин. – Вестник ТГТУ. - 2016. - №3. - С.. 358-367.

6. Разработка нового поколения автомобильных датчиков скорости и положения. Журнал «Компоненты и технологии» №4, 2014г.

7. Пудовкин, А.П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах: монография / А.П. Пудовкин, С.Н. Данилов, Ю.Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

8. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А.П. Пудовкин, Ю.Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – М., № 9, С 55 – 59.

9. Панасюк, Ю.Н. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов. / Ю.Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А.П. Пудовкин, И.В. Князев // Радиотехника. – 2013. – М., №9, С 60 – 63.

10. Данилов С.Н. Алгоритм прогноза координат воздушных объектов для обеспечения функционирования системы направленной связи на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А.П. Пудовкин, Р.Р. Шатовкин // Вестник Тамбовского Государственного Технического Университета – 2009. - №3 - Том 15 – С.530 – 539.

11. Данилов С.Н. Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / Данилов С.Н., Кольтюков Н.А., Петров С.В., Чернышова Т.И. // Вестник Тамбовского Государственного Технического Университета – 2016. - №3 – Том 22 - С.374-380.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 4. ENVIRONMENTAL ENGINEERING

UDC 628.23

Yumanov A.A. Comparative analysis of aerotank aeration systems

Компаративный анализ аэрационных систем аэротенков

Yumanov Alexey Alexandrovich
Voronezh state technical University, Voronezh
Юманов Алексей Александрович
Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

Abstract. *The Study of aeration systems of aeration tanks, their application and comparative characteristics. Given the parameters of the choice systems and the basic formulas for determining efficient to aeration.*

Keywords: *aeration, aeration tank, waste water, methods of aeration oxidation capacity.*

Аннотация. *Изучение аэрационных систем аэротенков, сравнительных характеристик. Приведены параметры выбора систем и основные формулы для определения эффективности аэрации.*

Ключевые слова: *аэрация, аэротенк, сточная вода, методы аэрирования окислительная способность.*

Аэрация или процесс насыщения сточной воды кислородом воздуха является основой процесса очистки стоков в биологических очистных сооружениях от органических загрязнений. В аэротенках при оптимальной концентрации растворённого кислорода создаются благоприятные условия для жизнедеятельности активного ила, состоящего из микроорганизмов и бактерий. Активный ил, в присутствии кислорода, осуществляет переработку сложных жиров, и других загрязняющих сложных веществ в более простые: нитриты, нитраты, фосфаты, азот и др. Что представляет значимость процесса аэрации, для благополучного экологического состояния окружающей среды. Важность аэрационного процесса создает необходимость его глубокого изучения, определения оптимальных конструкций аэраторов.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Аэраторы предназначены для образования воздушных пузырьков и диспергирования их жидкость, для насыщения ее воздухом. По обобщенным признакам их можно разделить на механические, пневматические, пневмомеханические, струйные.

Механические аэраторы вовлекают воздух из атмосферы в воду или жидкостную фазу за счет движущихся (вращающихся) рабочих органов. «В зависимости от принципа действия и конструкции механические аэраторы делятся на поверхностные (дисковые, конусные, роторные) и погружные (всасывающие)» [1, С.13].

Пневматические аэраторы подают насыщенный техническим кислородом воздух под давлением создающим воздуходувки по системе трубопроводов, через отверстия или диспергаторы. «Общая особенность этой системы заключается в том, что источником энергии, вводимой в аппарат, является сжатый воздух, подаваемый от воздуходувок через распределители (аэраторы) разных типов. Воздух подается под уровень жидкости, как правило, у дна резервуара, и дробится у выхода из распределителя (диспергатора) или в массиве жидкости» [1, С.10]

Пневмомеханические (комбинированные) аэраторы, объединяют конструктивные элементы механических и пневматических аэраторов. «Несмотря на конструктивные различия пневмомеханических аэраторов, они имеют сходный принцип действия, который заключается в подаче сжатого воздуха через среднепузырчатый диспергатор в зону действия перемешивающего устройства. Тяжелые условия работы нижнего опорного подшипника вала аэратора, а также необходимость установки двух типов агрегатов (электропривод вала аэратора и нагнетатель воздуха) создают сложности в монтаже и эксплуатации, что ограничивает применение пневмомеханических аэраторов» [1, С.14]

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Принцип действия струйных аэраторов «вовлечение атмосферного воздуха в контакт с жидкой фазой, используя энергию движущейся жидкости. По сравнению с пневматическими они обладают следующими преимуществами: их установка не требует строительства и эксплуатации воздуходувных станций, воздухоподводящих коммуникаций, просты в изготовлении и эксплуатации, обладают высокой окислительной способностью. В отличие от механических аэраторов они отличаются простотой конструкции, отсутствием механических устройств для перемешивания жидкости, что влияет на область их применения» [1, С.15].

Снабжение воды кислородом жидкости возможно при гидравлическом аэрировании. Такая система аэрации может быть самотечной и напорной. При движении жидкости через щитовые отверстия, водосливы, аэрационные решетки происходит захват и растворение атмосферного кислорода в самотечном режиме. Применение таких систем весьма ограничено, как правило, их используют при доочистке осветленных сточных вод.

При напорном движении жидкости возможны два метода: эжекторная и аэрация разнонаправленными струями.

Свободнопадающие струи насыщают воду кислородом за счет захвата воздуха падающими струями воды и его вовлечения в аэрируемый объём или при подъёме и разбрызгивании жидкости в атмосферном воздухе. Можно выделить два вида струйных аэрационных систем. В установках первого вида, аэратор подсасывает и перемешивает некоторое количество воздуха в жидкость. Например трубки типа Вентури, шахтные водосливы, кольцевые сопла [2, с.186]. В установках второго вида, аэратор распыливает жидкость на отдельные капли, захватывая атмосферный воздух. К ним относятся фонтанные струи, форсуночные аэраторы, разбрызгивающие розетки, и другие распыливающие устройства [3, с. 96].

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Конструкция струйных или эжекторных аэраторов по действию аналогична поверхностным механическим аэраторам с осями вращения расположенными вертикально. Конструктивно эжекторные или вихревые аэраторы весьма разнообразны, но они имеют некоторое сходство – это пропуск рабочей жидкости осуществляется через сопло, атмосферный воздух затягивается через патрубок, смешивание происходит в камере и выход водовоздушной смеси из диффузора.

Вихревые аэраторы, состоят из вихревой камеры, снабженной тангенциально установленными соплами и соединенной с цилиндрической камерой смешения, переходящей в диффузор. По оси вихревой камеры расположен патрубок инжектируемого потока воздуха. Принцип работы заключается в следующем: рабочая жидкость под давлением подводится к соплу, разгоняется в нем и с большой скоростью вводится в вихревую камеру, где образуется вращающийся поток с центральной вакуумной зоной. В эту зону через центральный патрубок подсасывается атмосферный воздух и диспергируется в вихревой камере с образованием водовоздушной смеси. Водовоздушная смесь из камеры смешения поступает в диффузор, где происходит ее торможение и увеличение давления, после чего она выбрасывается в аэрируемый объем жидкости или в отводящий трубопровод [4, с. 93].

В результате анализа аэрационных систем наибольший интерес представляет комбинированная пневмомеханическая аэрация. Здесь возможны два вида совмещения механического и пневматического аэраторов:

- пневматический аэратор подает воздух, механический – перемешивает очищаемую жидкость с диспергированием кислорода;

- пневматический аэратор диспергирует воздух, механический подводит его к пневматическим и турбулизирует потоки сточной жидкости.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

От особенностей конструкции и варианта использования такой системы зависит методика расчета всех элементов. При этом потребляемую мощность кВт, следует определять с учетом газосодержания жидкости по формуле 1 [5, с. 67]:

$$N = 0{,}9\frac{n_0^3 d_{аэр}^{5,22}}{D^{0,4} Q_{в.уд}}, \qquad (1)$$

где n_0-частота вращения аэратора, с$^{-1}$, задается исходя из условия, что окружающая скорость вращения $\upsilon_{окр} = (3{,}5...4{,}5)$ м/с, т.е. $n_0 = \frac{\upsilon_{окр}}{\pi d_{аэр}}$;

$d_{аэр}$ - диаметр аэратора, м, $d_{аэр} = (0{,}15...0{,}20)b$;

D - диаметр аппарата, м;

$Q_{в.уд}$ - удельный расход воздуха на 1 м^{3}очищаемой сточной воды, м^3/м^3, определяется по формуле (2) [5, с. 48]:

$$Q_{в.уд} = \frac{z(L_0 - L_t)}{K_1 K_2 n_1 n_2 (C_p - C)}, \qquad (2)$$

где: z– удельный расход кислорода на снятие 1 мг БПК$_{полн}$, принимается:

при полной очистке органических веществ (до L_t= 5...6 мг/л) – 2,2 мг/мг;

при полной биохимической очистке (до L_t= 15...20 мг/л) – 1,1 мг/мг;

при частичной биохимической очистке (до L_t> 20 мг/л) – 0,9 мг/мг;

K_1– коэффициент, учитывающий тип аэратора:

для мелкопузырчатой аэрации принимается в зависимости от отношения площади аэрируемой зоны к площади аэротенка (f/F);

для среднепузырчатой и низконапорной аэрации – 0,75;

K_2– коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов;

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

n_1– коэффициент, учитывающий температуру сточных вод;

n_2– коэффициент качества воды, принимаемый

для городских сточных вод 0,85;

при наличии в стоках СПАВ – в зависимости от величины (f/F);

для производственных сточных вод 0,7;

C_p– растворимость кислорода в воде мг/л;

C – средняя концентрация кислорода в аэротенке, мг/л; в первом приближении допускается принимать С=2 мг/л или уточняется на основе технико-экономических расчетов, с учетом продолжительности периода аэрации и удельной скорости окисления.

Производительность аэратора по кислороду (окислительная мощность), кг/ч, определяется по формуле (3) [5, с. 66]:

$$Q_a = (2{,}8 \div 3{,}0)N. \qquad (3)$$

Пневмомеханические аэраторы (рис.1) состоят из электроприводов (3) с редукторами, установленными на стойке. Они соединяются посредством шарнирной муфты, с валом, опирающимся на дно сооружения. На вертикальном валу укрепляются верхняя и нижняя мешалки (2) . К барботеру (1), установленному под нижней мешалкой воздуходувкой подается сжатый воздух. Барботер закреплен на опорах в днище аэротенка. Такие аэраторы как правило устанавливаются на раме, прикреплённой к мостикам на аэротенке. Глубина воды в аэротенке может быть до 5 м. Форма и конструкция лопаток могут быть различными - стержни, утолки, гибкие прутья и т. п. В зависимости от конструкции, перемешивающий эффект создается вращательным движением жидкости.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

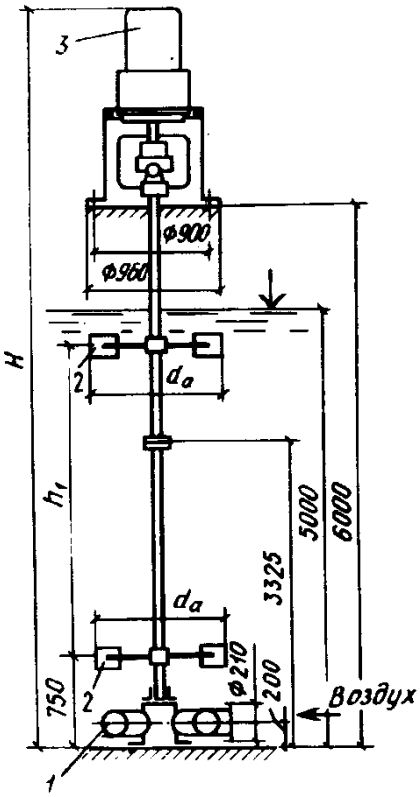


Рисунок 1. Аэратор пневмомеханический

1-кольцевой воздухораспределитель (барботер); 2-мешалки с двумя рядами лопаток; 3-привод электродвигателя

Теоретическое исследование течения двухфазной среды показывает качественную картину водовоздушного перемешивания пневмомеханического аэратора и позволяет понять процессы, протекающие при взаимодействии двух фаз. Известно, что основными факторами, определяющими интенсивность массообмена при искусственной аэрации природных и сточных вод, являются размер образующихся воздушных пузырьков скорость их относительного движения в воде [4, с 94]. В соответствии с современными представлениями определяющее влияние на размер образующихся воздушных пузырьков оказывают конструкция аэрационных устройств и скорость выхода из них воздуха. В ходе движения в жидкости пузырьки в результате столкновений

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

подвергаются коалесценции, а также деформации и дроблению под действием разности динамических давлений, действующих на пузырек при его обтекании жидкостью. В результате этих воздействий пузырьки уже через короткое время после их образования достигают некоторого равновесного размера, который не зависит от конструкции аэратора, а определяется только закономерностями их обтекания жидкостью [4, с 94].

Таким образом, большое разнообразие конструктивных особенностей аэраторов позволяет выбрать необходимую систему в зависимости от необходимой степени насыщения кислородом воды. К основным параметрам выбора относится:

– окислительная способность аэратора,

– стоимость аэрационной системы, приходящуюся на единицу объема жидкости в единицу времени,

– эффективность аэрации,

– рабочая зона действия аэратора,

– простота обслуживания, ремонта и замены аэрационного оборудования,

– надежность и долговечность при эксплуатации,

При технико-экономическом обосновании используются эффективность аэрации и окислительная способность аэратора.

References

1. Помогаева В.В. Повышение эффективности струйной аэрации естественных водоемов и биологических прудов: дис. ... канд. техн. наук.-М., 2009.- 191с.

2. Щербаков В.И., Дроздов Е.В., Помогаева В.В.Теоретическое определение эжектирующей способности струйных аэраторов при истечении

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

жидкости из кольцевого насадка // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т. 3. № 6. С. 186-188.

3. Щербаков В.И., Дроздов Е.В., Помогаева В.В., Борисов М.Ю. Анализ существующих методов гидравлического расчета струйного истечения жидкости через насадки // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Инженерные системы зданий и сооружений. 2003. № 1. С. 96-99.

4. Дроздов Е.В., Помогаева В.В. Расчет скорости движения и дробления воздушных пузырьков в проточной части вихревого аэратора// Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Инженерные системы зданий и сооружений. 2003. № 1. С. 93-96.

5. Растрыгин Н.В. Охрана вод. Сооружения биологической очистки сточных вод.– СПб.: СПГВК, 2003 г. - 108 с.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 5. MATERIAL ENGINEERING

UDC 62

Kolyada E.M. Prospects for the use of recycled glass in contemporary landscape design

Kolyada Ekaterina Michailovna
Doctor in art studies, associate professor
The Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia

Abstract. *The issue of waste disposal is a sore point nowadays. However, among domestic enterprises there are very few recycling companies, not to mention the fact that there are much fewer companies that work withrecyclablematerials, offering consumershigh-quality productsmade from recycledmaterials.The article isdevoted to the use ofrecycledglass to create modern works of landscape design.*

Keywords: *glass, landscape design, exhibition*

From the materials that might be easily recycled and can be re-used for various products, glass is of the utmost interest. Modern industry persistently suggests using current equipment and technologies of recycling of different types of glass (scrap glass, glass containers). Manufacturers of this equipment are ready not only to help with equipment itself but also with drafting of a business plan and arranging mini-enterprises for working with recycled glass. Nevertheless, chanting the praises of prospects for glass recycling, the authors of such statements cannot give any advice on further secondary use of this material, which is considered to be interesting from the household and artistic points of view. Modern manufacturers of crockery, electronic appliances, etc. are not interested in recycled glass, a situation that is understandable. It is explained by the fact that glass waste differs not only in color but also in chemical composition. The process of sorting glass is carried out by hands. Thus, although while being sorted, glass can be divided into scrap glass and glass containers according to a color, such sorting becomes impossible according to chemical composition. Consequently, glass which is different in composition can be put together, and its alloy might lead to the results which are not expected by

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

potential producers of artistic works made from recycled materials.It is really hard and economically unviable to sort glass not only according to color but to chemical composition. Eventually, no one is willing to work with recycled glass and make new products from it. Big glass manufacturers prefer to make their own glass which will correspond to technological regulations required for the production of some things. Small manufacturers that work with glass do business which meets the demands of a limited number of consumers, for instance, the production of one type of bottles. The expansion of a manufacturing lineis economically unprofitable for them. Thus, there is no call for the most part of glass, and potential entrepreneurs are reluctant to set up the production connected with scrap glass recycling. The situation seems surprising: glass, which is much in demand in all spheres and is produced in large quantities, is of no interest when it comes to recycling. The recycled material is piled in dumps and processing plants.This problem is not completely solved by all major countries. Suffice it to recall that the program of actions on the protection of the environment for 1992-2000, written for the EU, recommended the regulation of the level of the use of glass waste in the volume of 50%. The question arises: how is the rest 50% supposed to be used and at what price will the specified level be reached. The last question is a little easier to answer. World major countries stimulate the activity of enterprises to recycle glass, by giving tax advantages, etc. These enterprises turn glass containers and scrap glass into material that requires further processing and turning into final products. However, countries are not able to make plants and factories use the prepared material in further productions. Therefore, the processing plants of Europe and America are piled with tons of multi-colored andmixed type glass.

Our country did not have this problem during the soviet period. For example, our industry worked out and put into practice unitized bottles and jars for the food industry. The state, Glavvtorsirje to be exact, was in charge of collecting glass waste in cites and work settlements. The glass bottle buy-back centers worked all over the

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

country; handing over glass products and its further use was a common phenomenon. Glass containers after some necessary procedures were given back to the factories for secondary use. But the time of deficit has gone, and the epoch of consumerism sets its own laws in the sphere of possible use of recycled glass. Modern food and drink industries both in our country and abroad do not collect glass of their brand for further use because of its unprofitability.

The current problem is slowly solved because glass due to its qualities is not dangerous for people and nature. Ecologists do not criticize glass dumps so furiously; country leaders have more serious problems. Nevertheless, sooner or later the problem of the use of recycled glass will take a turn for the worse. If before the XX century this material was not so common and cheap that it could be thrown away at dumps, in the XX century glass production grew, glass became available and was thrown away into garbage bins without any regret in many countries. It was not a threat or a problem for a long time. Moreover, definite cases of such glass dumps delivered some unexpected and very effective results, which are a pride for their creators. By way of illustration, it is worth mentioning Glass Beach,which is a local landmark,on the territory of the MacKerricher State Park near Fort Bragg in California. Once it was a common dump. In 1967 city authorities took measures on area clean-up operations. However, it turned out to be impossible to clean the beach from scrap glass. For many years glass pieces were polished by sea waves, and eventually the beach was covered by glass pebbles.Instead of people, Mother Nature cleaned the beach, teaching a lesson of cleanness. But it is unreasonable to hope that nature will recycle all waste itself. We should seek suitable ways to use recycled materials.

Artists in our country and abroad are trying to find an answer to the question. In the foreign experience of using recycled glass landscape projects are of the utmost interest. Designers paid attention to glass because of such qualities as luminescence, broad color palette, chemical safety, free combination with different

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

materials, opportunity of multiple use [1, 2]. Glass in park area was used long ago to build greenhouses and pavilions, garden furniture and sculptures. But at the turn of the XXI century they start to use glass as a material to create glass slides, to build breast walls, to make 'lawn covering', etc. In the last two decades glass attracts more and more landscape designers. The author of this article has repeatedly referred to the theme of glass in garden design, offering the classification of modern glass works and glass gardens [3-6]. But amidst the variety of glass images and forms, objects made from recycled glass are quite rare even in the landscape design.

Let us try to understand what glass processing plants offer to landscape designers. At plants, processing recycled materials, glass is produced in the form of pebbles of different color and size, and in the form of bigger pieces with fire-finished edges.The use of multi-colored and mixed type glass in parks creates intensely colored, sparkling areas, and significantly changes spatial cognition. The example of such a garden can be "Garden of glass" by American designer Andy Cao, built in the inner yard of his house in the suburbs of Los-Angeles, the USA [3, 5, 8]. "Building works" in this garden were carried out with the help of recycled materials from American glass factories. The use of recycled materials for the creation of the garden composition was directed not just by Cao's interest in glass but by the study of manufacturing processes of its production and processing and by the desire to experiment with the material that has a big artistic potential, but seldom used by artists. The glass, which Cao used, was processed many times, and there was no use to be found for such material. The person who drew the designer's attention to the material was Don Cubbison, a manager of one of glass enterprises. After numerous experiments, carried out by Cao and technologists of glass enterprises in the factory conditions, the designer started the creation of the glass garden. This is when he discovered that not only the methods of processing, but also its quantity, the character of natural light, the peculiarity of interaction of glass with other "materials" in the garden are completely unpredictable. It was possible to create interesting color

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

effects; it was easy to work with it and to take care of installations made from this material. Glass pebbles played the role of mulch, preserving moisture, preventing the growth of weeds and plant pests. But it turned out that not all plants are able to stand the neighboring with glass, not only because of its brightness and saturation of glass compositions, but due to the fact that on a sunny day light reflected from glass burn tender leaves of some plants. Apart from that, glass that activates the color component of all garden elements influenced the perception of size, shape, texture, lines of some objects in park area. Cao had to lay out the park on the ground straightaway, watching the effects produced by the glass, removing or adding glass elements to the landscape. As a result of long efforts, an unusual garden was born, during the creation of which typical for garden design methods were to be changed on the spot according to the effect produced by the glass. Neither Cao nor anybody else could repeat the same experiment. Cao continues experiments with glass in garden design, but they are connected not with the creation of an entire glass garden, but with the organization of separate units of park space. However, he refused to use recycled glass.

Domestic landscape designers are still cautious in use of glass, and they use this material in the form of small installations at temporary garden exhibitions. Artists appeared to be braver in their experiments with recycled glass. But they work not with glass processed at plants but with glass containers, which they can easily find in city streets and in park and forest areas. As a result of their creative experiments, they have compositions made in the technique named “fusion” or “baking”. Thus, for many years a group of young artists from St Petersburg has been organizing summer plain-airs on work with glass. The results of these experiments can be found at the exhibitions that became regular in the museums of the Central Park of Culture and Recreation named after S.M. Kirov. Despite the fact that the experiments of these craftsmen are not connected with industrial processing of glass, they are worth paying attention to, because in each definite case an artist

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

needs not only to create an interesting and original work, but to know the qualities of the used material. Unfortunately, created works cannot solve the problem of glass stockpiles in the suburbs and at plants.Stronger results can be reached only in the terms of large-scale production, with the help of technologistscooperating closely with separate artists or creative teams. That is why modern food and pharmaceutical processing industries need new technologies that can be used in the production of glass art objects.

References

1. Коляда Е.М. Использование стекла в современных садово-парковых композициях// «Стекло в архитектуре. Архитектура в стекле». СПб., 2014. С. 77-86.
2. Коляда Е.М. Современные малые формы из стекла в пространстве исторического парка. Художественные эксперименты и вопросы взаимодействия//A maximus ad minima. Малы формы в историческом ландшафте. СПб., 2017. С.
3. Коляда Е.М.Стекло в современных садово-парковых композициях. Стеклянные сады.// Стекло и керамика. 2015. № 3. С. 40-44.
4. Коляда Е.М. Стеклянные сады. Современные тенденции в садово-парковом искусстве. Электронный научно-практический журнал «Культура и образование». №8(12). 2014. С. 4. http://elibrary.ru/item.asp?id=22031318
5. Коляда Е.М. Философия и экология стеклянного сада Энди Као//
6. Художественное стекло: от мастера к музею. СПб., 2015. С. 25-29.
7. Лекарева Н.А. Креативные задачи в обучении ландшафтному проектированию // Архитектон: известия вузов 2010, № 29. http://archvuz.ru/2010_1/13 (дата обращения: 12.03.2014).
8. Стекло в ландшафтном дизайне //Ваш сад: сетевой журнал URL: http://www.vashsad.ua/landscape-design/interesting_plants/articles/show/7704/ (дата обращения: 10.03.20014).
9. Kolyada E.M. Glass in modern garden-park compositions: glass gardens. Glass and Ceramics. 2015. T. 72. № 3. C. 111-113.

SECTION 6. MECHANICAL ENGINEERING

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 534.014.621.802

Eliseev A.V., Kopylov Yu.R., Eliseev S.V. Possibilities of dynamic correction of structure of vibration fields of working elements of technological machines

Eliseev A.V.
Senior Researcher, Ph.D. of Engineering Science
Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia
Kopylov Yu.R.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Eliseev S.V.
Doctor of Technical Sciences, Professor
Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

Abstract. *In the article the authors consider the possibility of dynamic correction of structure vibration work item fields of technological machines.*
Keywords: *dynamic correction,vibration, machine*

Introduction. Dynamic correction of the characteristics of industrial processes associated with the use of the effects of vibrational interactions is a rather complex problem encountered in specific tasks of vibrational transportation, displacement, shock interaction for the purpose of surfaced hardening, etc. [1-3].

The purpose of this paper is to develop an integrated approach, which proposes a methodological basis for choosing the forms of the trajectories of the motion of medium elements in interaction with a vibrating bearing surface and methods for monitoring the parameters of the dynamic state of the technological system as a whole.

I. Mathematical model of the continuous tossing of a material particle. A generalized approach to the evaluation of the characteristics of particle trajectories with the formation of a phase of free approach with subsequent interaction with a vibrating surface is developing. The main interest is represented by the modes of the continuous tossing of a material particle. To solve the problem of determining the trajectory of motion of an element of the operating medium, an analytical approach

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

is developed that uses the concept of the gap function. Representations of the motion of the operating medium as a whole are formed on the basis of ideas about the trajectory of the motion of an individual particle, which interacts with a vibrating surface. Mathematical models for the formation of vibrational interactions are developed, taking into account factors that have technological significance, or criteria, which include the conditions for implementing multiple modes, the effect of additional forces and elastic constraints [3].

II. Mathematical model of a vibrating technological machine. In some cases, the mathematical model of the vibration stand implementing the process of vibration hardening can be reduced to a linear model of small oscillations of a rigid body with two degrees of freedom placed on elastic elements. A specific aspect of the industrial process is the requirement for homogeneity and one-dimensionality of the vibrational field created by one or several vibrators. In the mathematical model, the influence of vibrators placed on a vibration bed can be represented by applying harmonic forces to certain points of the initial solid body. The adjustment of the vibrational field can be implemented by introducing a motion transformation device with a given stiffness and mass-and-inertia characteristic into the structure of the oscillating system. At the same time, a system of regulating the vibrational field is possible by moving the mass-and-inertia elements along the guides [4].

III. Approaches to the construction of a measuring system. The development of the theoretical foundations of control technology for the vibrational field of the working element presupposes the formation of an experimental base of physical effects that can be detected with the help of a number of special sensors developed on unified principles and reflecting the motion of the working mixture of vibrating technological machines on the basis of indirect characteristics. The proposed measuring tools are based on the fixation of those dynamic effects that are implemented when the constraints in the contacts are broken [5-7]. Fig. 1 shows

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

variants of basic diagrams of sensors for evaluating various dynamic states of vibrating media. Figure 1 (a) illustrates an experimental sensor mounted on the 5 – surface of the vibrating table and containing: 1 – cylindrical housing; 2 – inertial elements of the operating medium; 3 – piezoelectric element; 4 – fastening element; 6 – terminals. The body of the dynamic state assessment sensor contains several "specimens" of the operating medium of the vibrating technological machine.

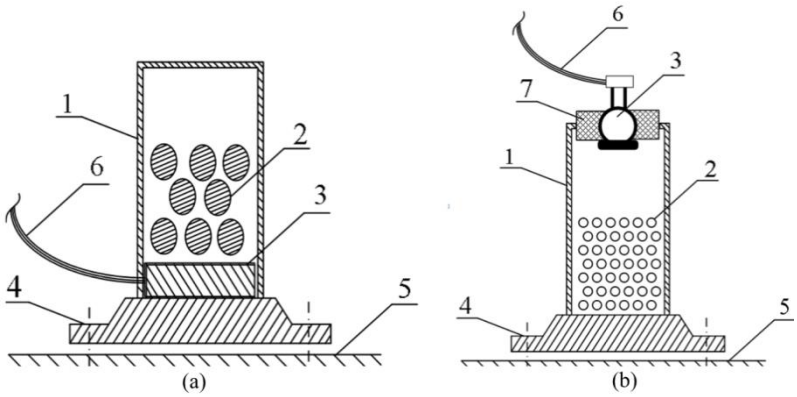
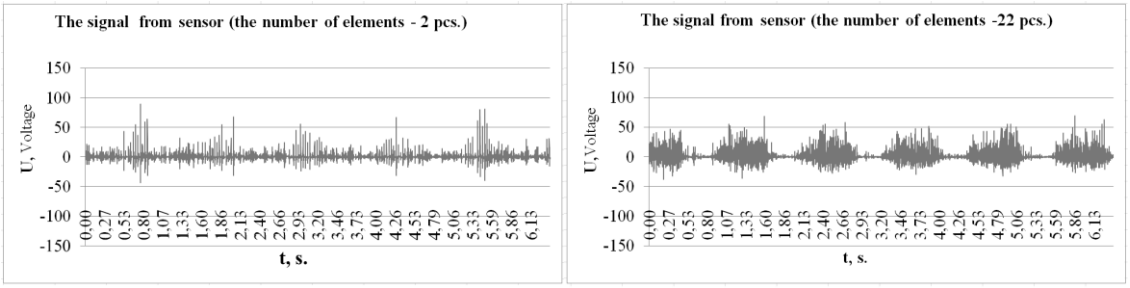


Figure 1. Sensors for assessing the dynamic states of the operating medium. (a) is the sensor with a piezoelectric element – 3, (b) is the sensor with a microphone – 3

IV. The discussion of the results. Experimental approbation of the working capacity of the proposed approach was carried out under production conditions. The peculiar features of the processes are described in [8-9]. The working capacity of the sensors is verified by special experiments, when the parameters of the statistical significance of the signals and the dependence of the forms of implementation of the vibration modes on the parameters of the "model medium" placed inside the sensor housing have been evaluated. Fig. 2 shows the graphs of typical signals from sensors, respectively, with 2 and 22 elements of "model media" represented by vertical chains of steel balls inside the casing of a cylindrical shape.

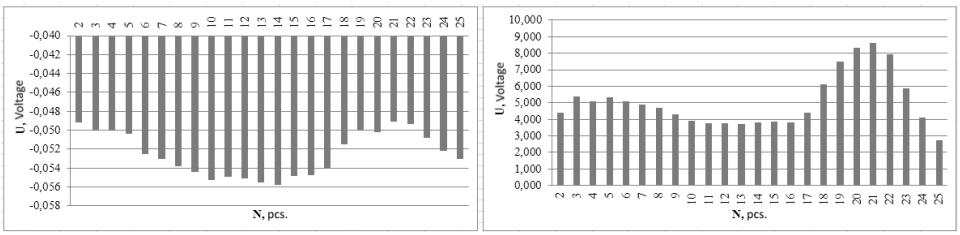
Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru



(a) (b)

Figure 2. Signals from sensors in relation to time: (a) – the sensor contains 2 steel balls, (b) – the sensor contains 22 steel balls in the form of a vertical chain.

Figure 3 shows the bar diagrams of the functions of mean values and root mean square deviations for sensor signals, when the number of elements of the model medium changes from 0 to 27 (the data are averaged). Fig. 3 represents the idea of the existence of extreme operation modes of sensors. The value of parameters providing a maximum of certain characteristics is of particular interest, since the sensitivity of the signal from the sensors for the dynamic process increases. The local minima as special states of lowering the sensor sensitivity are also of interest.



(a) (b)

Figure 3. The results of the experimental data are: (a) signal averages from the sensors, depending on N – the number of elements of the inertial body (averaging over the nearest points); (b) the standard deviation of the signals from the sensors as a function of N – the number of elements of the inertial body (averaging over the nearest points)

The fact that it is possible to register a useful signal is confirmed by the statistical significance of the difference between the signal I recorded from a sensor

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

with inertia elements and the signal II recorded from a sensor without inertia elements on the basis of Smirnov's homogeneity criterion with a significance level $\alpha = 0.05$. Fig. 4 illustrates (a) bar diagrams of relative frequencies for signal-based samples and (b) the empirical distribution functions of the respective samples. The abscissa represents the points that define the intervals for grouping the values of the signals at the instants of time, and the ordinate represent values of the relative frequencies that correspond to the intervals of the grouping.

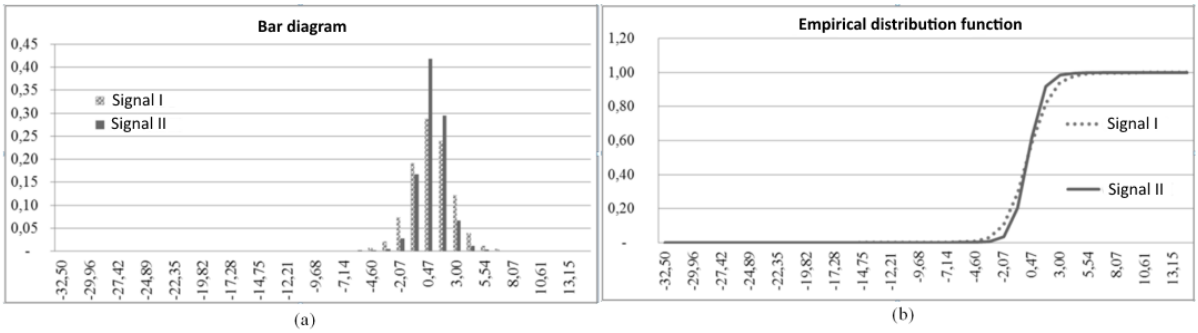


Figure 4. Comparison of the statistical characteristics of the signals: (a) is the bar diagram of the relative frequencies for signal I and signal II; (b) are empirical distribution functions for signals I and signals II.

The Smirnov homogeneity criterion (the Kolmogorov-Smirnov test) showed that the H_0 hypothesis is rejected (H_0 is the hypothesis of the homogeneity of signals I and signals II, the corresponding statistics $S = \sqrt{mn/(m+n)} \cdot D_{m,n} \approx 2.87$ exceeds the critical value $S_{0.05} = 1.36$ corresponding to the significance level, m, n are the sample sizes, $D_{m,n} = \sup\left|F_n^*(y) - G_m^*(y)\right|$ is the characteristic of the difference between the empirical distribution functions $F_n^*(y)$, $G_m^*(y)$, generated using samples X and Y).

Motion peculiarities recorded by a set of sensors can be used to construct a system for monitoring the process of surface modification as a result of vibrational

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

interactions. The forms of signals reflecting the dynamics of the motion of granular media are determined by the arrangement of sensors, which to some extent reproduce the global motion of the "operating medium" through the motion of the "model medium".

Conclusion. As part of the task of adjusting the dynamic quality of the process of hardening of long parts using a operating medium made of steel balls, a system for estimating and controlling a varied vibrational field has been developed.

To control the vibrational field, it is proposed to change the characteristics of the motion transformation device that imposes additional constraints and the mass-and-inertia characteristics of the working element by redistributing the positions of the inertial elements. To evaluate the integral properties of the motion of the working environment of a vibrating technological machine, measurement tools are developed, based on the assumption that the motion of the operating medium is similar in some sense to the motion of elements of the "model environment" of the sensor. The authors presented an approach to the construction of a control system for the vibrational field of technological machines with a large working element formed by a solid body.

References

1. Panovko G.Ya. Dynamics of vibrational technological processes. - Moscow-Izhevsk: SRC "Regular and chaotic dynamics", Institute of Computer Technologies, 2006.- 176 p.

2. Kopylov Yu.R. Dynamics of the processes of vibratory percussion hardening: monograph. - Voronezh: CPI "Nauchnaya Kniga" Publ., 2011.-568 p.

3. Eliseev A.V., Selvinsky V.V., Eliseev S.V. Dynamics of vibrational interactions of elements of technological systems taking into consideration unilateral constraints. Novosibirsk: Nauka Publ. - 332 p.

4. Eliseev A.V., Sitov I.S., Nguyen D. H. Some questions of forming the structure of the vibrating field of a vibration table: the features of the measurement

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

system, means of adjustment. *Systems. Methods. Technologies*. BrSU. Bratsk. - No. 2 (30). - 2016. pp.17-26

5. Eliseev S.V., Artyunin A.I., Kaimov E.V., Eliseev A.V. *The sensor for determining the boundary parameters of the interaction of bodies in vibratory systems.* Patent for utility model 148250. Russian Federation. IPC G01P 15/09. The patent holder is FSBEI HPO ISTU. Application No. 2014118226/28 (000459). 05/05/2014. Posted on: Nov 27, 2014. Bull. No.33.

6. Khomenko A.P., Eliseev S.V., Artyunin A.I., Eliseev A.V., Mukhachev Yu.S. *Sensor for integral estimation of dynamic states*. Patent for utility model 165705. Russian Federation. IPC G01H 9/00 (2006.01) G01P 15/09 (2006/01), The patent holder is FSBEI HPO ISTU. Posted on: Oct 27, 2016. Bull. No. 30.

7. Eliseev A.V., Eliseev S.V., Khomenko A.P., Artyunin A.I., Kashuba V.B. *Sensor for monitoring the dynamic state of the vibrating field.* Patent for utility model 166422 U1. Russian Federation. IPC G01P 15/09 (2006/01); The patent holder is FSBEI HPO ISTU. Posted on: Nov 27, 2014. Bull. No.33.

8. Eliseev S.V., Kashuba V.B., Pnyov A.G., Eliseev A.V., Sitov I.S. Unilateral constraints in the dynamic interactions of loose granular medium and vibrating surface: scientific and methodological justification of vibration hardening technology. *Systems. Methods. Technologies.* BrSU. No.3 (23). Bratsk, 2014, pp.17-31.

9. Eliseev A.V., Eliseev S.V. Approaches in the development of motion sensors in problems of the dynamics of granular media. *Bulletin of the Irkutsk State Technical University*. Irkutsk. - No. 8 (115). - 2016, pp. 20-35. DOI: 10.21285 / 1814-3520-2016-8-20-35.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 62.752, 621: 534.833; 888.6

Orlenko A.I., Kinash N.Zh., Vuong Q.T. Introduction of additional couplings for changing the dynamic status of the vibration system

Orlenko A.I.
Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor,
Director of the Krasnoyarsk Institute of Railway Transport
Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Krasnoyarsk, Russia
Kinash N.Zh.
Moscow Engineering Center of the Moscow Railway
- branch of OAO Russian Railways, Moscow, Russia
Vuong Q.T.
Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

Abstract. *In the article the authors consider the introduction of additional compounds for modifying the dynamic state vibration of the system.*
Keywords: *additional connections, dynamic vibration system*

Introduction. Vibration interactions of elements of mechanical systems are characteristic for the operation of many technical facilities, in particular, for transport devices and technological machines for various purposes. The controlled level of vibrational states not only determines the dynamic quality of machines and their productivity, but also is one of the directions in ensuring the reliability and operation safety of technical facilities. The change in the dynamic state of various mechanical systems is currently associated with the introduction of various couplings into the structure of vibration machines in the form of devices capable of changing the frequencies of natural oscillations and the interaction modes of the elements, which makes it possible to provide the necessary properties of vibratory systems.

Correction of the dynamic state of technical objects operating in conditions of intensive vibrational interactions is considered in many problems of dynamics, including in the theory of vibration methods and technology, theory and practice of vibration protection of equipment, etc. [1 ÷ 5]. In recent years, much attention has

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

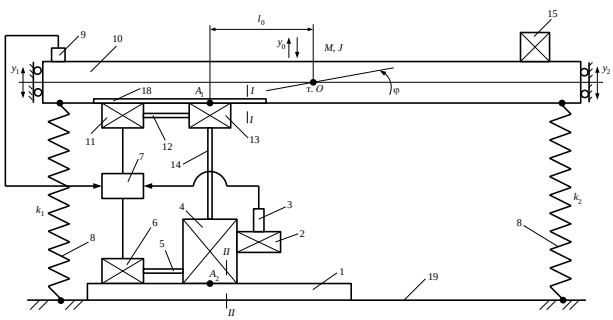
been paid to the search and development of new methods and means for assessing, controlling and controlling the dynamic states of vibrating technological machines, introducing additional couplings and devices that ensure the necessary quality of machine operation [6 ÷ 8].

The proposed paper proves a new approach to the development of the principles of dynamic state control of vibrating technological machines associated with the development of structural methods of mathematical modeling and the detailed concepts of the introduction of additional couplings into mechanical oscillation systems considered as computational schemes of vibrating technological machines.

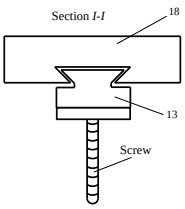
I. Some general provisions.

1. Fig. 1, *a* represents a basic scheme of the vibrating technological machine for forming the structure of the vibrational field. The sections (I–I, II–II) of the actuator are also shown (Fig. 1, *b*, *c*).

a)



b)



c)

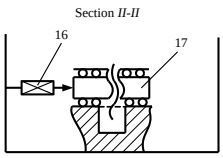


Figure 1. Basic scheme of the adjustment of the vibrating field of the technological machine: *a*) general view of the system with an additional coupling in the form of the motion transformation device; *b*): section I–I; *c*): section II–II

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

In Fig. 1, *a*, *b*, *c* the guide 1; the clamping device 2; the pressure sensor 3; the body 4; the lead screw 5; the electric drive 6; the control unit 7; the elastic elements 8; the sensor of vibration state parameters 9; the working element 10; the electric drive 11; the lead screw 12; the upper part of the assembly with a screw mechanism 13; the screw device for motion transformation 14; the inertial vibration exciter 15; the converter 16; the flywheel nut 17; the guide 18; the basis 19 are shown with the corresponding numbers [10].

2. For research, the following designations are introduced: y_0 is the oscillations of the center of gravity 10; M is the mass and J is the moment of inertia of the working element 10; y_1, y_2 и φ are linear and angular oscillations; the point O is the center of gravity of the working element 10; A_1 is the attachment point of the upper part of the screw mechanism assembly 13 to the guide 18; the point A_2 is the point of attachment of the body 4 to the guide 1; l_0 is the distance from the center of gravity (the point O) to the vertical axis A_1A_2; k_1 and k_2 are the stiffnesses of the elastic elements 8.

II. Construction of the mathematical model. The computational scheme of a vibrating technological machine in the form of a mechanical oscillatory system with two degrees of freedom is considered, as shown in Fig. 2.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

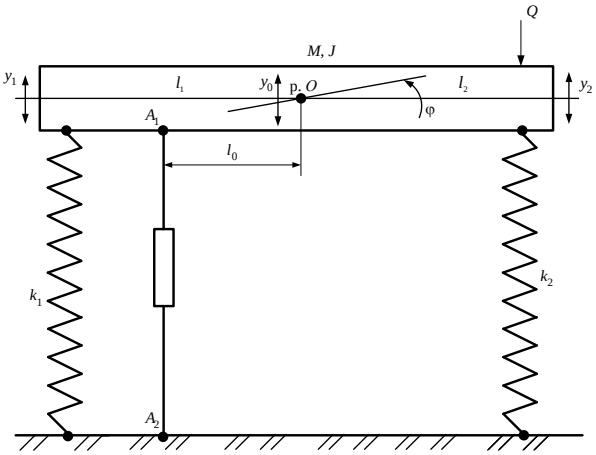


Figure 2. The computational scheme of a vibrating technological system with an additional inertial coupling in the form of a motion transformation device

1. A mathematical model of the vibrational complex can be constructed on the basis of the use of the Lagrange equation of the second kind. Expressions for the kinetic and potential energies of the object have the form:

$$\mathrm{T} = \frac{1}{2} M \cdot \dot{y}_0^2 + \frac{1}{2} J \cdot \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} L \cdot \dot{y}_{A_1}^2; \quad (1) \qquad \Pi = \frac{1}{2} k_1 y_1^2 + \frac{1}{2} k_2 y_2^2, \quad (2)$$

where y_1, y_2 are considered in the coordinate system associated with the fixed basis. They are used by the well-known relations between the coordinates [9].

2. The system of equations of motion of the working element (Figure 2) can be represented by:

$$\begin{aligned} &\ddot{y}_1\left(Ma^2 + Jc^2 + La_1^2\right) + k_1 y_1 + \left(Mab + La_1 b_1 - Jc^2\right) \cdot \ddot{y}_2 = 0; \\ &\ddot{y}_2\left(Mb^2 + Lb_1^2\right) + k_2 y_2 + \left(Mab + La_1 b_1 - Jc^2\right) \cdot \ddot{y}_1 = Q. \end{aligned} \quad (3)$$

In equations (3), Q is an external harmonic impact that creates a vibrational field for the working member 10 in Fig. 1, *a*.

After Laplace transformations, the system of equations (3) is transformed into the system of algebraic equations, on the basis of which a structural mathematical model is constructed, as shown in Fig. 3.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

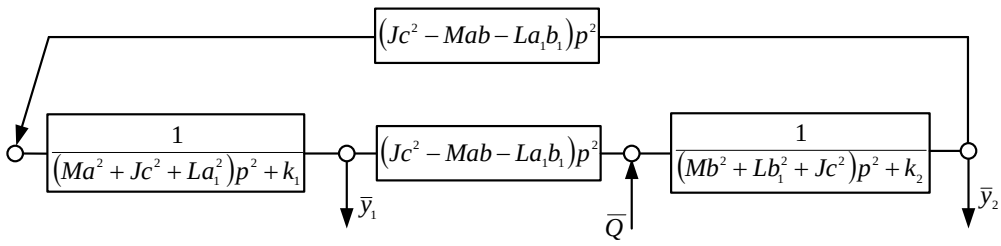


Figure 3. Structural diagram of a mechanical oscillatory system with two degrees of freedom in the coordinates $\bar{y}_1$, $\bar{y}_2$

III. Technology of analytical approach. From the structural diagram (Figure 3) we find the ratio of the amplitudes formed by the impact of the force $\bar{Q}$; it is assumed that the transient processes do not have a significant effect because of the presence of dissipative forces. Thus, we get that:

$$\frac{\bar{y}_2}{\bar{y}_1} = \frac{(Jc^2 - Mab - La_1b_1)p^2}{(Jc^2 + Ma^2 + La_1^2)p^2 + k_1}. \quad (4)$$

It follows from (4) that with $\frac{\bar{y}_2}{\bar{y}_1} = 1$ the vibrational field will have the necessary homogeneous structure up to frequency:

$$\omega_0^2 = \frac{k_1}{Ma + La_1}. \quad (5)$$

From expression (5) we find that

$$\omega_0^2 = \frac{k_1}{(M + L)a + Ll_0c} = \frac{(l_1 + l_2)k_1}{Ml_2 + L \cdot (l_2 + l_0)}. \quad (6)$$

The coordinates y_0, φ can be used similarly. The system of equations (3) in this case is transformed to the form:

$$\begin{aligned} &\ddot{y}_0 \cdot (M + L) + (k_1 + k_2)y_0 - \ddot{\varphi}Ll_0 + (k_2l_2 - k_1l_1) \cdot \varphi = Q; \\ &\ddot{\varphi} \cdot (J + Ll_0^2) + (k_1l_1^2 + k_2l_2^2) \cdot \varphi - \ddot{y}_0Ll_0 + (k_2l_2 - k_1l_1) \cdot y_0 = Ql_2. \end{aligned} \quad (7)$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

IV. Discussion of the research results. The transfer function on $\overline{\varphi}$ for the action $\overline{Q}$ is formed in the coordinate system in such a way that there are two input effects: on the coordinate $\overline{y}_0$ – $\overline{Q}$ and on the coordinate $\overline{\varphi}$ – $\overline{Q}l_2$. Using the structural diagram of the system in Fig. 3, and after making a series of transformations, we obtain that the frequency of dynamic damping with respect to the coordinate $\overline{\varphi}$ is given by

$$\omega^2 = \frac{k_1 l_1 + k_1 l_2}{l_0 L + l_2 (M + L)} = \frac{k_1 (l_1 + l_2)}{M l_2 + L (l_0 + l_2)}. \quad (8)$$

It is obvious that expressions (6) and (8) coincide.

Thus, the mode of observing the homogeneity of the vibrational field $\frac{\overline{y}_2}{\overline{y}_1} = 1$ corresponds to the dynamic oscillations damping mode in the system along the coordinate under the impact of the excitation force $\overline{Q}$ along the coordinate $\overline{y}_2$.

Based on the considerations quoted above, it can be said that the implementation of the method for controlling the dynamic state of a vibrational technological complex is essentially feasible if the homogeneity of the structure of the vibrational field is ensured. Possible deviations from the preset mode are compensated by two adjustment factors: by changing the position of the point A_1, that is, by changing the value of l_0, which is achieved by the corresponding displacement of the motion transformation device along the horizontal bearing surface. The second option of adjusting the vibrational field is provided by the braking torque of forces, which is applied to the rim of the flywheel nut and, in the physical sense, is interpreted by the corresponding dynamic effect as the displacement of the point A_1 by the quantity l_0. In dynamic aspects, the interaction of the motion transformation device with a vibrational technological system can be considered as a correction of the moment of forces relative to the system gravity center, around which the motion is reduced to the mode of dynamic damping of angular oscillations.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

References

1. Panovko G.Ya. Dynamics of vibrational technological processes: monograph. Moscow-Izhevsk: SRC "Regular and chaotic dynamics", Institute for Computer Research, 2006. - 176 p.

2. Kopylov Yu.R. Dynamics of the processes of vibratory percussion hardening. - Voronezh: Nauchnaya kniga Publ., 2011. - 568 p.

3. Eliseev A.V., Selvinsky V.V., Eliseev S.V. Dynamics of vibrational interactions of elements of technological systems taking into consideration unilateral constraints. - Novosibirsk: Nauka Publ., 2015. - 332 p.

4. Eliseev S.V., Reznik Yu.N., Khomenko A.P. Mechatronic approaches to the dynamics of mechanical oscillation systems. - Novosibirsk: Nauka Publ., 2011. - 384 p.

5. De Silva C.W. Vibration. Fundamentals and Practice. - Boca Raton, London, New York, Washington, DC: CRC Press, 2000. - 957 p.

6. Karnovsky I.A., Lebed E. Theory of vibration protection. Switzerland: Springer, 2016. 708 p.

7. Eliseev S.V., Artyunin A.I. Applied theory of oscillations in problems of the dynamics of linear mechanical systems. - Novosibirsk: Nauka Publ., 2016. - 459 p.

8. Belokobylsky S.V., Eliseev S.V., Sitov I.S. Dynamics of mechanical systems. Lever and inertial-elastic constraints. - St. Petersburg: Politekhnika Publ., 2013. - 319 p.

9. Eliseev S.V., Reznik Yu.N., Khomenko A.P., Zasyadko A.A. Dynamic synthesis in generalized problems of vibration protection and vibration isolation of technical objects. - Irkutsk: The ISU Publ., 2008. - 523 p.

10. Eliseev S.V., Eliseev A.V., Kaimov E.V., Nguyen D.H., Vuong Q.T. *A method for controlling the structure of a vibrating field of a vibrating technological machine based on the use of dynamic damping effects and a device for its implementation*. Patent 2624757 RUS, IPC F16F 15/02. - No. 2016102236; applied Jan 25, 2016; published Jul 06, 2017, Bull. No.19.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 7. RESOURCE ENGINEERING

UDC 519.816

Trofimets V. The tasks of multi-criteria choice in the management of industrial safety of oil and gas facilities

Задачи многокритериального выбора в управлении промышленной безопасностью объектов нефтегазовой отрасли

Trofimets Valeriy
Dr. of Eng. Sc., Prof, Department of Information Systems and Computing
Saint-Petersburg Mining University
Трофимец Валерий Ярославович
д.т.н., профессор кафедры информационных систем и выч. техники
Санкт-Петербургский горный университет

Abstract. *Classification of problems of the multicriteria choice is considered. Classes of the tasks which are most often found in practice of ensuring industrial safety of objects of oil and gas branch are allocated. Specific problems of the solution of these tasks are defined, the short review of the main methods of their decision is carried out.*

Keywords: *multicriteria tasks, oil and gas branch, industrial safety*

Аннотация. *Рассмотрена классификация задач многокритериального выбора. Выделены классы задач, наиболее часто встречающихся в практике обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазовой отрасли. Определены специфические проблемы решения данных задач, проведен краткий обзор основных методов их решения.*

Ключевые слова: *многокритериальные задачи, нефтегазовая отрасль, промышленная безопасность*

Объекты нефтегазовой отрасли относятся к объектам повышенной степени опасности, что обусловлено физико-химическими свойствами углеводородных веществ, приводящими в случае аварии к их возгоранию или взрыву. Таким авариям, как правило, присущи большие объемы выброса взрывопожароопасных веществ, образующиеся облака топливно-воздушных смесей, разливы нефтепродуктов и, как следствие, крупномасштабные разрушения и повреждения высоконагруженных элементов конструкций.

Практика показывает, что полностью исключить аварии и уменьшить до нуля опасность, невозможно. Поэтому техногенные аварии необходимо предупреждать или ослаблять их вредное воздействие путем перехода на новую

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

стратегию обеспечения безопасности, основанную на принципах их прогнозирования и предупреждения. Реализация этих принципов связана с решением комплекса взаимосвязанных задач обеспечения промышленной безопасности объектов отрасли. Эти задачи, как правило, имеют разноплановый характер (технический, экономический, социальный, правовой и др.) и после перехода от своей содержательной постановки к формализованной становятся задачами многокритериального выбора (Рисунок 1).

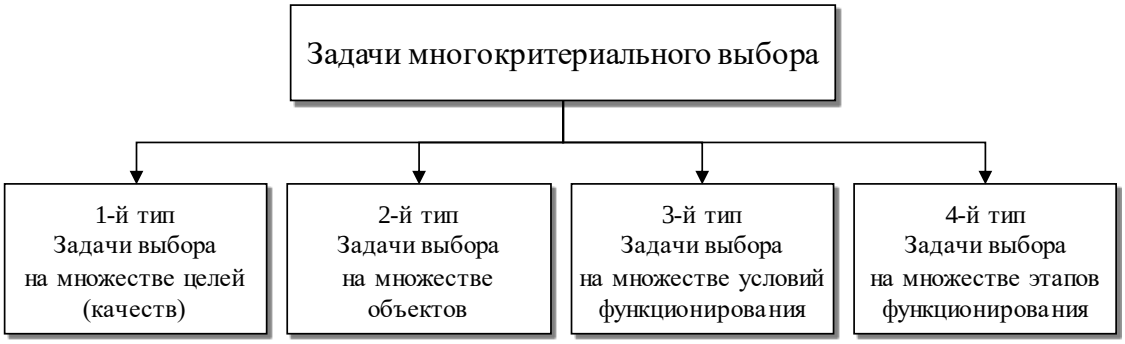


Рисунок 1. Классификация задач многокритериального выбора

В практике обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазового комплекса достаточно часто приходится сталкиваться с задачами из данного класса, среди которых типовыми являются задачи оценки и ранжирования потенциальных рисков по многоуровневой системе критериев (1-й тип многокритериальных задач) и задачи распределения денежных средств на обеспечение промышленной безопасности по статьям расходов (2-й тип многокритериальных задач).

Необходимость использовать для оценки рисков нескольких критериев возникает по двум причинам. Во-первых, многие риски обладают различными характеристиками, не сводимыми друг к другу, и поэтому описываются несколькими критериями. Во-вторых, среди оцениваемых критериев очень часто затруднительно выбрать какой-либо один критерий, обладающий

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

достаточной степенью предпочтительности. В подобной ситуации приходится использовать набор выделенных критериев, в совокупности обладающих требуемой представительностью. Все это приводит к тому, что оценка рисков по нескольким критериям не может быть непосредственно сведена к решению стандартной задачи математического программирования, поскольку принцип «чем больше (меньше) значение критерия, тем лучше», столь конструктивный при числе критериев $n = 1$, оказывается совершенно недостаточным для определения отношений предпочтительности, когда $n \geq 2$.

Подобные проблемы возникают и при планировании распределения денежных средств в условиях недостаточного финансирования, когда представительным является не один критерий, а набор критериев, каждый из которых характеризует степень удовлетворения в денежных средствах соответствующего объекта финансирования.

При разработке методов решения задач многокритериального выбора приходится решать ряд специфических проблем, основными из которых являются: проблема выбора принципа компромисса и соответствующего ему принципа оптимальности; проблема учета приоритетов критериев; проблема нормализации критериев.

Проблема выбора принципа компромисса и соответствующего ему принципа оптимальности является ключевой, так как связана с определением свойств оптимального решения и решением вопроса – в каком смысле оптимальное решение превосходит все остальные. Число возможных схем компромисса достаточно велико, среди которых наибольшую известность получили принцип равномерности (принцип равенства, принцип максимина, принцип квазиравенства), принцип справедливой уступки (принцип абсолютной уступки и принцип относительной уступки), принцип выделения главного критерия, принцип последовательной уступки [1,2].

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Проблема учета приоритетов критериев возникает, если локальные критерии имеют различную значимость, что влечет за собой необходимость оценки степени их влияния на решение задачи (необходимость нахождения весов (приоритетов) критериев) [3].

Проблема нормализации возникает в связи с тем, что локальные критерии имеют, как правило, различные единицы и масштабы измерения, и это делает невозможным их непосредственное сравнение. Операция приведения критериев к единому масштабу и безразмерному виду получила название нормализации. К настоящему времени разработаны различные схемы нормализации критериев [4].

Перечисленные выше проблемы носят не столько формальный, сколько концептуальный характер, что обусловливает необходимость применения различного рода эвристических процедур, в которых существенная роль принадлежит экспертам. А так как экспертные оценки обладают субъективизмом, то при выборе метода решения задач многокритериального выбора особое внимание, на наш взгляд, следует уделять теоретической обоснованности метода и формализованному использованию в нем эвристических процедур.

В настоящее время среди методов решения задач многокритериального выбора, имеющих, с одной стороны, признанную теоретическую обоснованность, а с другой стороны, удовлетворяющих требованию универсальности, наибольшее распространение получили методы теории полезности, методы теории нечетких множеств, методы векторной стратификации и метод анализа иерархий.

Теория многомерной полезности, предложенная П. Фишберном [5], позволяет для задач многокритериального выбора получить функцию многомерной полезности, максимальное значение которой соответствует наиболее предпочтительному варианту. Главным достоинством методов

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

многомерной полезности является возможность оценки любого количества альтернативных вариантов с использованием полученной функции. Однако процедура построения функции полезности требует привлечения значительных объемов информации и является достаточно трудоемкой.

Теория нечетких множеств, предложенная Л. Заде [6], позволяет представить знания о предпочтительности альтернатив по различным критериям с помощью нечетких множеств. Формирование нечетких множеств является более простой и менее трудоемкой процедурой, чем построение функций полезности. Основной проблемой многокритериального выбора с применением нечетких моделей является представление информации о взаимоотношениях между критериями и способы вычисления интегральных оценок. Методы, базирующиеся на разных подходах, дают различные результаты. Каждый подход имеет свои ограничения и особенности, и эксперт-аналитик должен получить о них представление, прежде чем применять тот или иной метод принятия решения.

Методы векторной стратификации основаны на процедурах построения структурированного многокритериального пространства и разбиения его на заданное число упорядоченных слоев (страт) [7]. Объекты, принадлежащие к разным стратам, будут упорядочены по степени их соответствия заданной цели (по значимости, приоритетности). Методы векторной стратификации дают возможность проводить комплексную оценку и выбор лучших из рассматриваемых объектов на основе как количественной, так и качественной исходной информации.

Метод анализа иерархий (МАИ), предложенный Т. Саати [8], является замкнутой логической конструкцией, обеспечивающей с помощью простых правил анализ сложных проблем во всем их разнообразии. Метод основан на парных сравнениях альтернативных вариантов по различным критериям с использованием девятибалльной шкалы и последующим ранжированием

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

набора альтернатив по всем критериям и целям. Взаимоотношения между критериями учитываются путем построения иерархии критериев и применением парных сравнений для выявления важности критериев и подкритериев. Применение МАИ позволяет включить в иерархию все имеющиеся у эксперта-аналитика по рассматриваемой проблеме знания и воображение. Метод прошел широкую апробацию при решении слабострктурированных задач из различных предметных областей как в зарубежных странах, так и в нашей стране.

Перечисленные методы в основном позволяют преодолеть проблемы, свойственные задачам многокритериального выбора (проблема выбора принципа компромисса и соответствующего ему принципа оптимальности, проблема учета приоритетов критериев, проблема нормализации критериев). Целесообразность применения этих методов обусловлена также и тем, что одним из основных факторов, влияющих на возникновение аварий и инцидентов в нефтегазовой отрасли, является человеческий фактор. Способность персонала принимать правильные решения в экстремальных ситуациях, уровень его квалификации трудно определить традиционными методами.

Следует заметить, что практическое внедрение рассмотренных и других методов решения задач многокритериальных задач в систему обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазовой отрасли возможно только в том случае, если они будет реализованы на программном уровне. Поэтому крайне важным вопросом является разработка автоматизированных систем поддержки принятия решений в области обеспечения промышленной безопасности.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

References

1. Теория прогнозирования и принятия решений // Под ред. С.А. Саркисяна. – М.: Высшая школа, 1977. – 351 с.

2. Трофимец В.Я. О некоторых процедурах решения военно-экономических задач распределения финансовых средств и их автоматизация в офисных приложениях // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2004. Т. 9. № 1. – С. 23-31.

3. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. – М.: Физматлит, 2007. – 64 с.

4. Батьковский А.М., Трофимец В.Я., Трофимец Е.Н. Рейтинговая оценка финансово-экономического состояния предприятий на основе метода анализа иерархий // Вопросы радиоэлектроники. 2014. Т. 2. № 2. – С. 182-189.

5. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1977. 352 с.

6. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенный решений. – М.: Мир, 1976. – 161 с.

7. Глотов В.А., Павельев В.В. Векторная стратификация. – М.: Наука, 1984. – 95 с.

8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 8. SIMULATION AND MODELING

UDC 541.49, 544.15

Rezepkin A.V., Kulikov D.V., Kulikov Y.O., Ufimova A.K. Computer modeling by ab initio methods of the formation of different ligand amino acids complexes with zinc and cobalt

Компьютерное моделирование методами *ab initio* процессов образования разнолигандных комплексов аминокислот с цинком и кобальтом

Rezepkin Alexander
Master student of the department of information systems
Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI»
Kulikov Dmitry
Master student of the department of information systems
Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI»
Kulikov Yuri
Master student of the department of information systems
Saint-Petersburg State Electrotechnical University «LETI»
Ufimova Alia
Student of the department of chemistry
Orenburg State University
Резепкин Александр
студент магистратуры кафедры информационных систем
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
Куликов Дмитрий
студент магистратуры кафедры информационных систем
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
Куликов Юрий
студент магистратуры кафедры информационных систем
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
Уфимова Алия
Студент кафедры химии
Оренбургский государственный университет

Abstract. *В работе рассматривается проблема моделирования комплексов аминокислот (валина, лейцина) с катионами тяжелых металлов (Zn, Co) методами квантовой механики (DFT). Рассчитаны геометрические и электронные свойства комплексов в основном и возбужденном состояниях.*

Keywords: *computer modeling, complex amino acid, ab initio method*

Аннотация. *The problem of modeling the complexes of amino acids (valine, leucine) with cations of heavy metals (Zn, Co) by the methods of quantum mechanics (DFT) is considered. The geometric and electronic properties of the complexes in the ground and excited states are calculated.*

Ключевые слова: *компьютерное моделирование, комплексы аминокислот, ab initio методы*

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Актуальность работы. На сегодняшний день одно из главных направлений исследований в области фармации, органической и медицинской химии является синтез модельных соединений, изучение которых способствует получению информации касательно взаимодействия биологически активных лекарственных препаратов с белками и ДНК. В качестве предполагаемых модельных соединений можно предложить разнолигандные комплексы катионов металлов (в том числе катионов цинка [1], платины [2]) с различными аминокислотами. Также сами разнолигандные комплексы могут обладать биологической активностью.

За объекты настоящего исследования взяты комплексы катионов металлов Zn(II), Co(II) с неполярными аминокислотами валином и лейцином.

Методы расчета. Модели нейтральных молекул аминокислот (L-валина, L-лейцина) взяты из базы информационного веб-ресурса github [3]. При расчете комплексов аминокислоты были депротонизированы (удален атом водорода с карбоксильной группы) и каждая отдельно оптимизирована методом функционала плотности в рамках расчета B3LYP/DFT/DZP (рисунок 1).

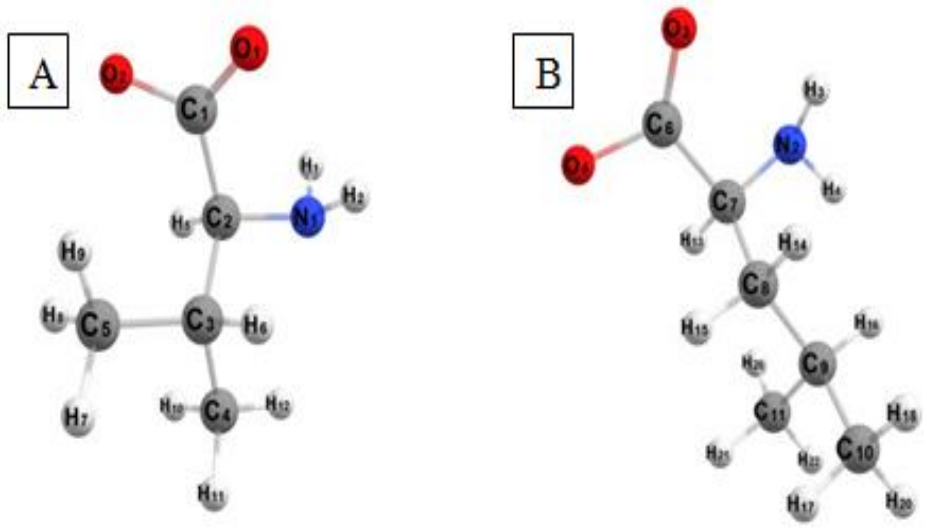


Рисунок 1. Геометрические структуры аминокислот: A – анион валина (Val^-), B – анион лейцина (Leu^-). Расчет – B3LYP/DFT/DZP

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Катион цинка (II) в комплексе с аминокислотами находился в основном синглетном состоянии (^{1}Zn). Комплексы с катионами кобальта (II) рассмотрены в основном (^{4}Co) и возбужденном (^{2}Co) состояниях. Все расчеты проведены в программе Firefly 8.1.

Обсуждение результатов. Геометрические структуры комплексов представлены на рисунке 2.

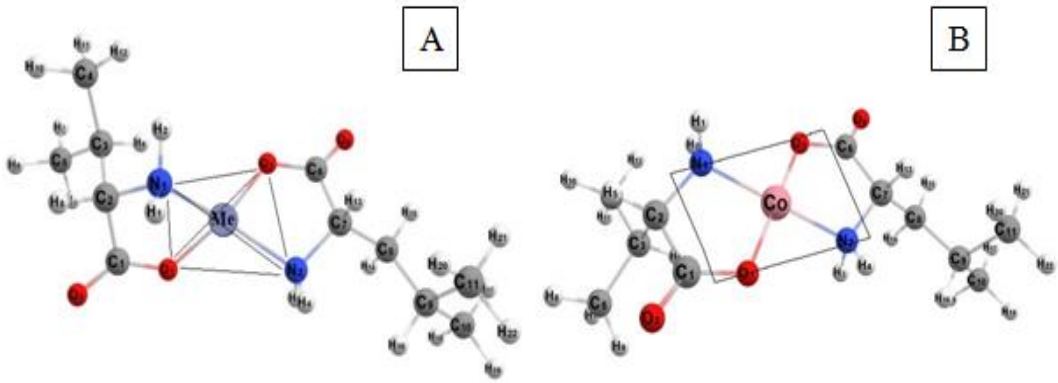


Рисунок 2. Геометрические структуры комплексов: A – ^{1}[Val-Zn-Leu], ^{4}[Val-Co-Leu], B – ^{2}[Val-Co-Leu]. Расчет – B3LYP/DFT/DZP

Взаимодействие катионов металлов с аминокислотами проходит одновременно по двум функциональным группам (-NH_2, -COO^-), причем лиганды анионов валина и лейцина связываются с металлами, образуя комплексы с тетраэдрической и плоской формами «центра комплексообразования» вида: ^{1}[Val-Zn-Leu], ^{4}[Val-Co-Leu], и ^{2}[Val-Co-Leu] соответственно.

Имеются сведения, что другим способом координации ионов металлов с неполярными аминокислотами является связь через бидентатно-мостиковую карбоксильную группу [4]. На основании результатов некоторых современных работ определено, что данный тип связывания термодинамически менее выгоден (даже в комплексе эквимолярного состава 1:1) по сравнению с образованием между катионом металла и лигандом аминокислоты пятичленного хелатного узла [1, 5, 6].

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Заряды на атомах «центра комплексообразования» комплексов представлены в таблице 1. Наблюдается симметрия распределения зарядов относительно противоположных хелатных узлов; исключение в комплексе с катионом цинка, где заряд на атомах азота стянут в большей мере к лейцину.

Значения зарядов атомов металлов в комплексах на качественном уровне согласуются с работой китайских ученых [7], в которой определены переносы заряда в комплексах трипептида глутатиона с катионами двухвалентных металлов бериллия, кальция и магния.

Комплекс кобальта в дублетном (M = 2) состоянии характеризуется меньшими значениями длин связей металл-аминокислота R(Co-O), R(Co-N) по сравнению с комплексом, где кобальт представлен в основном квартетном состоянии, что можно объяснить абсолютными значениями энергии систем ^{0}E (таблица 2).

Таблица 1

Заряды по Малликену атомов металла, кислорода и азота комплексов аминокислот с катионами тяжелых металлов. Атомы O^1, N^1 и O^2, N^2 относятся к молекулам аниона валина и лейцина в составе комплексов соответственно

Атом	^{1}[Val-Zn-Leu]	^{4}[Val-Co-Val]	^{2}[Val-Co-Val]
Me	+0.811	+0.925	+0.618
O^1	-0.430	-0.443	-0.413
O^2	-0.431	-0.443	-0.416
N^1	-0.303	-0.308	-0.253
N^2	-0.323	-0.315	-0.256

Минимум значения ^{0}E (а.е.м.) наблюдается у комплекса ^{2}[Val-Co-Leu]. Остальные геометрические параметры (длины связей и углы) комплексов практически неразличимы, что объясняется сходством функционального строения рассматриваемых аминокислот (таблица 3).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

К примеру, в системах комплексов валина с катионами тяжелых металлов в соотношении 1:1 [5, 8, 9, 10] и 2:1 [11, 12] длины связей Me-O и Me-N характеризуются подобными численными значениями, что и рассчитанные в данной работе для разнолигандных комплексов.

Структура молекулярных орбиталей при взаимодействии аминокислот с металлами приведена в таблице 4. В случае образования комплекса с катионом цинка наблюдается вырождение по энергии двух верхних занятых молекулярных орбиталей (ВЗМО). Их структура определяется электронными плотностями, стягивающимися в противоположные стороны относительно друг друга. При объединении их в одну будет схожа со строением ВЗМО комплекса ^{4}[Val-Co-Leu].

Таблица 2

Абсолютные значения энергий (^{0}E) катионов металлов, аминокислот, комплексов цинка и кобальта

^{0}E, а.е.м.			
$^{1}Zn^{2+}$	-1778.3247	^{1}[Val-Zn-Leu]	-2622.4197
$^{4}Co^{2+}$	-1381.7535	^{4}[Val-Co-Leu]	-2225.8191
$^{2}Co^{2+}$	-1381.6317	^{2}[Val-Co-Leu]	-2225.8332
Val^{-}	-401.8585	Leu^{-}	-441.1704

На основе структуры оптимизированных молекулярных орбиталей, значений энергии E(ВЗМО) и E(НСМО), энергии их расщепления (ΔE), значений дипольных моментов (D_m), значений жесткости (η), значений химического потенциала (μ) и значений электроотрицательности (χ) определены электронные и электрохимические свойства комплексов (таблица 5). Аналогичный анализ электрохимических свойств для нейтральных молекул аминокислот: серина, треонина и глутамина проводился в совместной работе турецких и египетских ученых [13].

Таблица 3

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Геометрические параметры (длины связи – R, Å; углы – α, °) комплексов цинка и кобальта с аминокислотами

Молекула	Val^-	Leu^-	^{1}[Val-Zn-Leu]	^{4}[Val-Co-Leu]	^{2}[Val-Co-Leu]
Длина связи, R, Å					
N_1-C_2	1.464	–	1.502	1.499	1.496
O_1-C_1	1.357	–	1.310	1.314	1.322
O_2-C_1	1.215	–	1.222	1.222	1.219
C_1-C_2	1.532	–	1.560	1.555	1.551
H_1-N_1	1.025	–	1.027	1.027	1.027
H_2-N_1	1.027	–	1.026	1.026	1.026
H_5-C_2	1.105	–	1.104	1.104	1.104
N_2-C_7	–	1.460	1.498	1.495	1.494
O_3-C_6	–	1.357	1.307	1.311	1.319
O_4-C_6	–	1.213	1.222	1.222	1.219
C_6-C_7	–	1.523	1.569	1.562	1.554
H_3-N_2	–	1.026	1.030	1.030	1.029
H_4-N_2	–	1.023	1.026	1.026	1.026
H_{13}-C_7	–	1.105	1.106	1.106	1.105
Me-O_1	–	–	1.916	1.920	1.850
Me-O_3	–	–	1.913	1.918	1.850
Me-N_1	–	–	2.110	2.123	1.948
Me-N_2	–	–	2.103	2.117	1.944
Угол, α, °					
O_1-C_1-O_2	122.317	–	125.949	125.845	125.129
H_1-N_1-H_2	105.628	–	105.726	105.674	105.490
O_3-C_6-O_4	–	122.692	125.713	125.587	125.138
H_3-N_2-H_4	–	107.658	104.796	104.760	105.345
N_1-Me-O_1	–	–	85.060	82.596	86.440
N_2-Me-O_3	–	–	85.040	82.676	86.683

Согласно теореме Купманса [14], химический потенциал (μ) и жесткость молекул (η) могут быть вычислены на основе значений энергий E(ВЗМО) и E(НСМО):

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

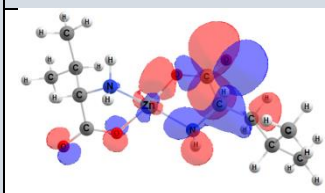
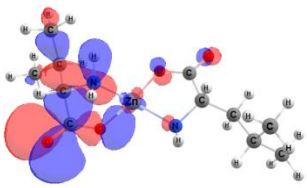
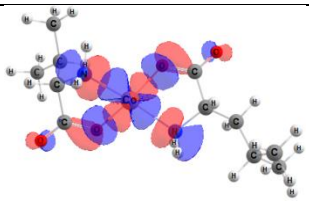
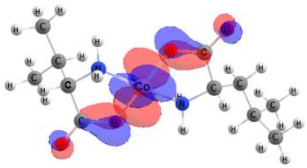
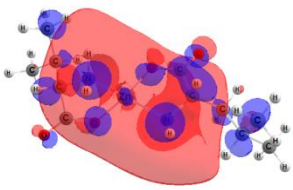
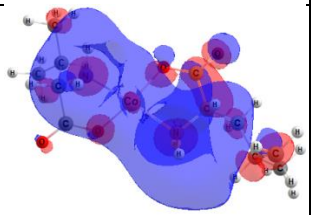
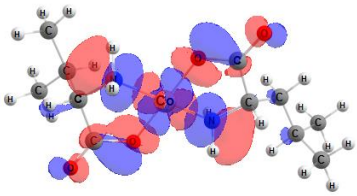
$$\mu = \left(\frac{E_{НСМО} + E_{ВЗМО}}{2} \right);$$

$$\eta = \left(\frac{E_{НСМО} - E_{ВЗМО}}{2} \right);$$

$$\sigma = \left(\frac{1}{\eta} \right).$$

Таблица 4

Структура и форма ВЗМО и НСМО в комплексах

Структура и форма МО			
	[1][Val-Zn-Leu]	[4][Val-Co-Leu]	[2][Val-Co-Leu]
ВЗМО	 №81 E = -2.4498 эВ	–	–
	 №82 E = -2.4359 эВ	 №82 E = -0.2905 эВ	 №81 E = -0.2861 эВ
НСМО	 №83 E = -0.0268 эВ	 №83 E = -0.0110 эВ	 №82 E = -0.0411 эВ

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Таблица 5

Электрохимические свойства комплексов аминокислот с катионами цинка и кобальта

Параметр / Молекула	□E (эВ)	D_m (Д)	□ (эВ)	□ (эВ)	□ ($эВ^{-1}$)	□ (эВ)
^{1}[Val-Zn-Leu]	2.41	6.94	1.23	1.21	0.83	-1.23
^{4}[Val-Co-Leu]	0.28	4.75	0.15	0.14	7.14	-0.15
^{2}[Val-Co-Leu]	0.25	0.83	0.16	0.13	7.69	-0.16

Следует отметить, что в комплексе ^{2}[Val-Co-Leu] направление дипольного момента полностью противоположно, нежели чем в комплексах ^{4}[Val-Co-Leu] и ^{1}[Val-Zn-Leu]. Энергетическое расщепление между комплексами с дублетным и квартетным катионом кобальта составляет 0,38 эВ (рисунок 3), что говорит в пользу возможности существования обоих состояний в составе разнолигандных комплексов с аминокислотами.

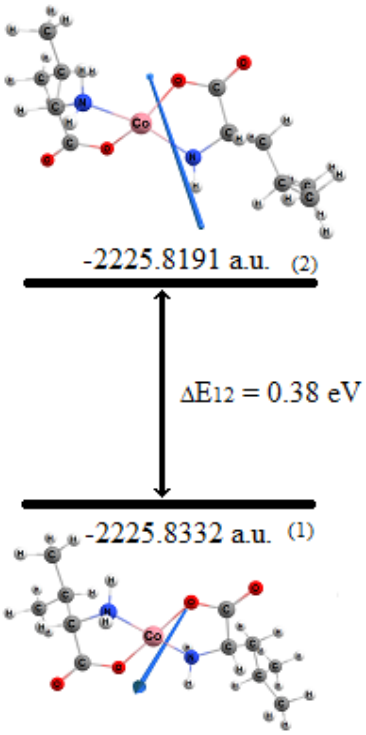


Рисунок 3. Энергетическое расщепление (□E_{12}) комплексов ^{2}[Val-Co-Leu] и ^{4}[Val-Co-Leu]. Синяя стрелка показывает направление дипольного момента

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Заключение. В настоящей работе впервые определены геометрические структуры и параметры (длины связей, углы) комплексов аминокислот валина и лейцина с катионами цинка и кобальта, а также их электронные и электрохимические характеристики. Установлено, что комплекс кобальта в дублетном состоянии обладает минимумом абсолютной энергии по сравнению с квартетным основным, энергетическое расщепление между которыми составляет 0,38 эВ.

Огромную благодарность выражаем выпускнику кафедры химии ОГУ Щепину Антону Сергеевичу за помощь в расшифровке результатов квантово-химических расчетов.

References

1. Belcastro, M. Interaction of cysteine with Cu^{2+} and Group IIb (Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}) metal cations: a theoretical study / M. Belcastro, T. Marino, N. Russo, M. Toscano // J. Mass Spectrom, 2005. – № 40. – P. 300–306.
2. Павлушко, Т.А. Разнолигандные комплексы платины(II) с некоторыми α-аминокислотами: канд. хим. Наук / Т.А. Павлушко: Новосибирск, 2003. – 120 с.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: https://github.com/nutjunkie/IQmol/tree/master/share/fragments/Molecules/Amino_Acids/ (дата обращения: 10.10.2017).
4. Колоколов, Ф.А. Синтез, строение и свойства координационных соединений рзэ с валином и аспарагиновои кислотой: дис. ... канд. хим. наук / Ф.А. Колоколов. – Краснодар, 2003. – 120 с.
5. Кобзев, Г.И. Структурные и спектральные свойства комплексов валина в нейтральной и ионной форме с катионами Zn^{2+}, Cd^{2+} (Квантово-химическое исследование) / Г.И. Кобзев, А.С. Щепин, С.А. Пешков // Вестник ОГУ, 2015. – № 9(184). – С. 64–71.
6. Yang, G. Interactions of Zn(II) with single and multiple amino acids. Insights from density functional and ab initio calculations / G. Yang, R. Zhu, L. Zhoub, C. Liua // J. Mass Spectrom, 2012. – № 47. – P. 1372–1383.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

7. Liu, J. Theoretical study on the interaction of glutathione with group IA (Li^+, Na^+, K^+), IIA (Be^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}), and IIIA (Al^{3+}) metal cations / J. Liu, X. Xia, Y. Li, H. Wang, Z. Li // Struct. Chem., 2013. – Vol. 24. – P. 251–261.

8. Щепин, А.С. Квантово-химическое исследование образования комплексов валина с металлами Co, Zn, Cd, Pb / А.С. Щепин // Материалы VII-ой Всероссийской молодежной школы-конференции «Квантово-химические расчеты: структура и реакционная способность органических и неорганических молекул». – Иваново: ИГХТУ, 2015. – С. 381–386.

9. Щепин, А.С. Квантово-химическое исследование физико-химических свойств комплексов валина с металлами Zn, Cd / А.С. Щепин // Современная химическая физика: сборник тезисов XXVII симпозиума. – Туапсе, 2015. – С. 363.

10. Щепин, А.С. Квантовохимическое исследование элементарных процессов образования бимолекулярных комплексов валина и механизмов связывания атомов Zn, Co, Cd с аминокислотами / А.С. Щепин, М.Е. Бакалова // XXXII Всероссийский симпозиум молодых ученых по химической кинетике – Московская обл., 2014. – С. 93.

11. Щепин, А.С. Квантово-хими-ческое исследование структуры и ИК-спектров металлокомплексов [Val^--Me^{2+}], [Val^--Me^{2+}-Val^-], Me^{2+} = Zn^{2+}, Cd^{2+} / А.С. Щепин // X Всероссийская конференция «Высокореакционные интермедиаты химических и биохимических реакций» ChemInt2015, Московская обл., 2015, С. 44.

12. Щепин, А.С. Квантово-химическое исследование структурных и спектральных свойств комплексов аминокислот и фосфолипидов с катионами тяжелых металлов / А.С. Щепин, Н.Н. Огурцов, А.К. Уфимова // Байкальская школа-конференция по химии – 2017: Сборник научных трудов Всероссийской школы-конференции с межд. уч. БШКХ-2017. – Иркутск: Изд-во «Оттиск», 2017. – С. 264–265.

13. Kandemirli, F. The Quantum Chemical Calculations of Serine, Therionine and Glutamine / F. Kandemirli, M. Saracoglu, M.A. Amin, M.A. Basaran, C. Vurdu // Int. J. Electrochem. Sci., 2014. – № 9. – P. 3819 – 3827.

14. Koopmans, T. The distribution of wave function and characteristic value among the individual electrons of an atom / T. Koopmans // Physica, 1933. – № 1. – P. 104–113.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 9. BIOTECHNOLOGY

UDC 636.087.7

Danilenko I., Batrakova Y., Frizen D., Korneeva O., Morozova E., Svirina K., Gerasimova A., Goryacheva K., Marinin A. Development and use of premixes and BVMK in poultry farming.

Разработка и использование премиксов и БВМК в птицеводстве

Danilenko Irina.
Master 1 course, of Department Feeding and breeding of farm animals, Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University
Frizen Daniil
Master 1 course, of Department Feeding and breeding of farm animals, Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University
Korneeva Olga
Student 3 course, of Department Feeding and breeding of farm animals, Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University
Batrakova Yuliya
Master 1 course, of Department Feeding and breeding of farm animals, Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University
Morozova Yekaterina
Student 2 course, of Department Feeding and breeding of farm animals, Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University
Svirina Ksenia
Student 2 course, of Department Feeding and breeding of farm animals, Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University
Gerasimova Alexandra
Student 2 course, of Department Feeding and breeding of farm animals, Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University
Goryacheva Ksenia
Student 2 course, of Department Feeding and breeding of farm animals Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University
Marinin Alexander
Student 2 course, of Department Feeding and breeding of farm animals Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University
Scientific adviser
Karapetyan A. K. Candidate of Agricultural Sciences, docent of Department Feeding and breeding of farm animals, Volgograd State Agrarian University
Даниленко Ирина
Магистр 1 курса, кафедра Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины,
Волгоградский государственный аграрный университет
Фризен Даниил
Магистр 1 курса, кафедра Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины,
Волгоградский государственный аграрный университет

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Корнеева Ольга
Студент 3 курса, кафедра Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины,
Волгоградский государственный аграрный университет
Батракова Юлия
Магистр 1 курса, кафедра Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины,
Волгоградский государственный аграрный университет
Морозова Екатерина
Студент 2 курса, кафедра Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины,
Волгоградский государственный аграрный университет
Свирина Ксения
Студент 2 курса, кафедра Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины,
Волгоградский государственный аграрный университет
Герасимова Александра
Студент 2 курса, кафедра Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины,
Волгоградский государственный аграрный университет
Горячева Ксения
Студент 2 курса кафедра Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины,
Волгоградский государственный аграрный университет
Маринин Александр
Студент 2 курса, кафедра Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины,
Волгоградский государственный аграрный университет
Научный руководитель
Карапетян А.К., кандидат с.-х. наук, доцент кафедры Кормление и разведение сельскохозяйственных животных, Волгоградский государственный аграрный университет

Abstract. *The article contains the results of research on the development and use of premixes and protein-vitamin-mineral concentrates in poultry feeding. The use of premixes and protein-vitamin-mineral concentrates (BVMK) has a positive effect on the productivity, physiological condition of the poultry, and the quality of the products, which indicates the effectiveness of their use in feeding.*

Keywords: *mixed feed, ration, laying hens, broiler chickens, premixes, PVMC, live weight, egg production.*

Аннотация: *В статье изложены результаты исследований, по разработке и использованию премиксов и белково-витаминно-минеральных концентратов в кормлении птицы. Использование премиксов и белково-витаминно-минеральных концентратов (БВМК) оказывает положительное влияние на продуктивность, физиологическое состояние птицы, и качество продукции, что свидетельствует об эффективности использования их в кормлении.*

Ключевые слова: *комбикорм, рацион, куры-несушки, цыплята-бройлеры, премиксы, БВМК, живая масса, яичная продуктивность.*

Обеспечение населения страны высококачественными продуктами питания, к которым относятся молоко, мясо, яйца и продукты их переработки, требует увеличение производства продукции животноводства и птицеводства [7, 12]. Главными условиями достижения высоких результатов в птицеводстве, на

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

первое место ученые и практики ставят сбалансированное кормление, на второе – селекцию птицы, на третье – условия содержания [4].

Критерии продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы становятся все более жесткими, вместе с ними возрастают и требования к качеству и полноценности кормления [1, 9].

При сбалансированности рационов в настоящее время используют аминокислотные, витаминные, минеральные, ферментные препараты, а также другие БАД [8, 29]. Введение отдельных биологически активных добавок в комбикорма менее эффективно, чем использование этих веществ в составе премиксов или БВМК [17, 23].

Использование премиксов в животноводстве и птицеводстве, позволяет улучшить процессы пищеварения, обмен веществ, продуктивность животных и птицы, а также качество продукции [7, 28].

При анализе кормов, используемых в рационах животных и птицы в условиях Волгоградской области, наблюдается дефицит незаменимых аминокислот, минеральных веществ, витаминов и других биологически активных веществ [6, 14]. Недостаток этих элементов ведет к снижению продуктивности животных и птицы и увеличению затрат на корма [22].

В настоящее время ведется разработка научно обоснованных рецептов премиксов и БВМК с использованием новейших достижений, в том числе и поиск новых наиболее выгодных наполнителей [21, 24]. В связи, с чем изучение биологических свойств премиксов, разработанных по индивидуальной рецептуре, является актуальным.

Сотрудниками и студентами кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ совместно с ООО «МегаМикс» г. Волгограда разработаны новые премиксы и БВМК, эффективность которых мало изучена.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Целью наших исследований явилось изучение и эффективность использования адресных рецептур премиксов и БВМК в кормлении сельскохозяйственной птицы.

Научно-хозяйственные опыты по разработке и изучению влияния премиксов и БВМК в составе рационов для птицы были проведены на птицефабриках Волгоградской области в период с 2015 по 2017 гг.

Исследования по изучению влияния БВМК были проведены на курах-несушках кросса «Хайсекс коричневый» в условиях ЗАО «Агрофирма «Восток» Волгоградской области.

Птицу в группы подбирали по методу аналогов с учетом кросса, возраста, живой массы, развития. Условия содержания, фронт кормления и поения, параметры микроклимата во всех группах были одинаковыми и соответствовали рекомендациям ВНИТИП. Подопытная птица содержалась в клеточных батареях фирмы «BigDutchman» по 6 голов в каждой клетке [3].

Опыт был проведен по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1

Схема опыта на курах-несушках

Группа	Кол-во голов -	Прод. опыта, недели	Особенности кормления
Контрольная	54	52	ОР+3 % стандартный БВМК
1 опытная	54	52	ОР+3 % адресный БВМК

Во время опыта к основному рациону кур-несушек, который включал пшеницу, кукурузу, шрот подсолнечный, ячмень, ракушечную муку, монокальцийфосфат, масло подсолнечное, монохлоргидрат лизина, соль поваренную, DL – метионин, контрольной группе, вводили 3 % стандартного БВМК, опытной группе - вводили 3 % БВМК, составленного по индивидуальной рецептуре.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Основной продукцией кур является яйцо. Наиважнейший показатель продуктивности кур-несушек является яйценоскость, которая определяется количеством снесенных яиц за определенный период, она находится в прямой зависимости от различных факторов как внешних, так и внутренних [3, 10]. Процесс и качество кормления птицы – важный момент, относящийся к воздействию внешней среды, помогающий выявлению генетического потенциала птицы и ее способности к яйцекладке [5, 27]. Результаты проведенного научно-хозяйственного опыта показали, что за период опыта яичная продуктивность кур-несушек опытной группы превышала контроль на 1,52 % (табл. 2).

Таблица 2

Яйценоскость кур-несушек

Показатель	Группа	
	Контрольная	2 опытная
Среднее количество кур, гол.	54	54
Получено яиц всего, шт.	17712	17982
на несушку	328	333
% яйцекладки	89,86	91,51
Средняя масса яиц, г	64,1	66,2
Получено яичной массы, кг	1135,34	1190,41
Затраты корма, кг: всего	2338,8	2321,3
на 1 кг яйцемассы	2,06	1,95
на 10 яиц	1,32	1,29

Самая высокая интенсивность яйцекладки наблюдалась в опытной группе – 91,51, что на 1,65 % выше контрольной группы. Средняя масса яиц в опытной группе превышала контроль на 3,28 %. Увеличение яйценоскости и массы яиц в опытной группе повысило выход яичной массы, что, в свою очередь, снизило затраты корма на единицу продукции [25]. Затраты корма на 1 кг яйцемассы в опытной группе оказались ниже контроля на 0,11 кг

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Опыт по изучению влияния премиксов, разработанных по индивидуальной рецептуре, в составе комбикорма для молодняка кур был проведен в условиях ЗАО «Агрофирма «Восток» Волгоградской области. Птицу в группы подбирали по методу аналогов с учетом кросса, возраста, живой массы, развития. Условия содержания, фронт кормления и поения, параметры микроклимата во всех группах были одинаковыми и соответствовали рекомендациям ВНИТИП [16, 18]. Опыт был проведен по схеме, представленной в таблице 3.

Таблица 3

Схема опыта на молодняке кур

Группа	Кол-во голов	Прод. опыта, дней	Особенности кормления
Контрольная	54	120	ОР+ 2 % премикса «000-1П»
Опытная	54	120	ОР+ 2 % премикса «000-1П1»

Во время опыта к основному рациону молодняка кур, который включал пшеницу, сорго, сою, шрот подсолнечный, мел кормовой, монокальцийфосфат, масло подсолнечное, монохлоргидрат лизина, соль поваренная, DL – метионин, контрольной группы вводили 2 % премикса «000-1П», а птице опытной группы – 2 % премикса «000-1П1», разработанного по индивидуальной рецептуре.

На динамику живой массы молодняка кур оказывает влияние как генетические, так и фенотипические факторы [13, 19]. Рост птицы оценивали, исходя из изменения живой массы в течение всего периода опыта, а также по среднесуточному приросту (табл. 4).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Таблица 4

Живая масса молодняка кур, г

Возраст птицы, дн.	Группа	
	Контрольная	опытная
Суточные	45,2±0,32	45,9±0,25
1- 30	285±5,17	298±5,73
31-60	622±12,78	652±12,93
61-90	1108±24,64	1169±24,37
91 – 120	1454±35,72	1552±35,19

По результатам взвешивания подопытного молодняка кур к 120-дневному возрасту в контрольной группе, живая масса составила 1454 г, а среднесуточный прирост – 11,74 г. В опытной группе живая масса составила 1552 г, а среднесуточный прирост 12,55 г, что превышало показатель контрольной группы на 6,74 и 6,9 %, при 100 % сохранности поголовья.

Важнейшим зоотехническим показателем комплексной оценки эффективности использования комбикормов являются затраты корма на единицу продукции [20, 26]. Наименьшим расходом кормов на 1 кг прироста живой массы отличались молодки опытной группы, у которых он составил 3,86 кг, что на 0,34 кг меньше, чем в контрольной группе.

Таким образом, использование в составе комбикорма премиксов и БВМК, разработанных по индивидуальной рецептуре, оказало положительное влияние на зоотехнические показатели подопытной птицы [30].

Опыт по изучению влияния адресных рецептур БВМК в кормлении цыплят-бройлеров кросса «Росс-308», был проведен в условиях ЗАО «Птицефабрика Краснодонская» Иловлинского района Волгоградской области.

Для опыта были сформированы в суточном возрасте 2 группы цыплят по 1000 голов в каждой группе. Цыплят в группы подбирали по методу аналогов с учетом возраста, живой массы, развития. Условия содержания, фронт

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

кормления и поения, параметры микроклимата во всех группах были одинаковыми и соответствовали рекомендациям ВНИТИП [15].

В комбикорм, который состоял из пшеницы, ячменя, кукурузы, белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка», шрота соевого, муки рыбной и масла растительного, дополнительно вводили белково-витаминно-минеральный концентрат (БВМК) в количестве 7,10,12 % соответственно по фазам кормления (старт, рост, финиш). Птице контрольной группы скармливали комбикорм, в составе которого присутствовал стандартный БВМК составленной по рецептуре соответствующей ГОСТ. В комбикорм для птицы опытной был введен новый БВМК, разработанный по индивидуальной рецептуре [2, 11].

Использование в составе комбикорма, для цыплят-бройлеров опытной группы, испытуемого БВМК способствовало увеличению общего прироста на 9,7 % и снижению затрат корма на 1 кг прироста на 16,4 %. Показатель сохранности птицы в опытной группе составил 100 %. Дополнительная прибыль от применения нового состава БВМК в рационах для цыплят-бройлеров составила 2 775,71 руб., что свидетельствует о целесообразности его использования.

Таким образом, использование адресных рецептур премиксов и БВМК в составе комбикорма способствовало повышению яичной продуктивности кур-несушек на 1,52 %, живой массы молодняка кур на 6,74 и цыплят-бройлеров на 4,1 %.

References

1. Влияние белоксодержащей кормовой добавки «Горлинка» на яичную продуктивность кур-несушек /Струк А.Н., Карапетян А.К., Карнаухова О.Е., Плешакова И.Г.// материалы национальной конференции «Инновационные технологии и ветеринарная защита при интенсивном производстве продукции животноводства». - 2016. - С. 63-67.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

2. Влияние горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» на переваримость питательных веществ сельскохозяйственной птицы / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, С.В. Чехранова, Е.А. Липова, О.Ю. Брюхно, М.А. Шерстюгина, Е.В. Землянов // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 118. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/84.pdf

3. Влияние нута на переваримость питательных веществ сельскохозяйственной птицей / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, Е.В. Корнилова, М.В. Струк // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 107(03).

4. Влияние различной структуры рациона на продуктивность кур / О.Е. Кротова, А.К. Карапетян, С.И. Николаев, В.Н. Струк // Главный зоотехник. – 2013. – № 4. – С. 40-44

5. Влияние различной структуры рациона на продуктивные качества кур/ О.Е. Кротова, А.К. Карапетян, С.И. Николаев, Ю.В. Сошкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – Т.29. – № 1. – С. 107-111.

6. Использование зерна сорго в кормлении кур-несушек / Николаев С.И., Карапетян А.К., Плешакова И.Г., Рогаткина А.С., Корнеева О.В. // материалы национальной конференции «Инновационные технологии и ветеринарная защита при интенсивном производстве продукции животноводства». - 2016. - С. 81-85.

7. Использование органических микроэлементов нового поколения при интенсивном выращивании свиней / Николаев С.И., Водянников В.И., Чепрасова О.В., Шкаленко В.В., Карапетян А.К., Чехранова С.В., Липова Е.А., Морозова Е.А., Брюхно О.Ю., Шерстюгина М.А. // материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и научное обеспечение инновационного развития свиноводства». - 2016. - С. 217-221.

8. Карапетян, А.К. Аминокислотный состав концентрированных кормов /Карапетян А.К. // материалы международной научно-практической конференции

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

молодых ученых и специалистов «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки» - 2016.- С. 170-173.

9. Карапетян, А.К. Влияние кормовых добавок на мясную продуктивность цыплят-бройлеров / Карапетян А.К.// материалы международной научно-практической интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». - 2016. - С. 3307-3310.

10. Карапетян, А.К. Влияние нута на яичную продуктивность кур-несушек / Карапетян А.К. // материалы международной очно-заочной научно-практической конференции «Повышение уровня и качества биогенного потенциала в животноводстве». - 2016. - С. 53-57.

11. Карапетян, А.К. Повышение мясной продуктивности цыплят-бройлеров за счет использования горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» / Карапетян А.К., Даниленко И.Ю.// материалы национальной конференции « Инновационные технологии и ветеринарная защита при интенсивном производстве продукции животноводства». - 2016. - С. 33-36.

12. Карапетян, А.К. Повышение экономической эффективности производства мяса цыплят-бройлеров за счет введения в комбикорма новой кормовой добавки / А.К. Карапетян // материалы международной конференции «Аграрная наука - сельскому хозяйству». - 2016. - С. 117-118.

13. Николаев, С.И. Использование премиксов «Кондор» и «ВолгаВит» в птицеводстве / С.И. Николаев, А.К. Карапетян// Главный зоотехник. – 2012. – № 6. – С. 43-48.

14. Николаев, С.И. Использование зерна нута сорта «Приво 1» в кормлении сельскохозяйственной птицы / Николаев С.И., Карапетян А.К., Шерстюгина М.А.// материалы международной научно-практической

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

конференции «Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях». - 2016. - С. 293-297.

15. Николаев, С.И. Использование лакрина в кормлении цыплят-бройлеров / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, А.Р. Халиков, Е.А. Липова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – Т.25. – № 2. – С. 141-145.

16. Николаев, С.И. Использование премиксов торговой марки «Кондор» и «Волгавит» в кормлении цыплят-бройлеров / С.И. Николаев, А.К. Карапетян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2012. – Т.25. – № 1. – Р. 83-86.

17. Николаев, С.И. Применение в кормлении цыплят-бройлеров БВМК / С.И. Николаев, Е.А. Липова, М.А. Шерстюгина, К.И. Шкрыгунов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. Т.32 – № 4. – С. 120-125.

18. Николаев, С.И. Роль премиксов в рационе цыплят-бройлеров / С.И. Николаев, А.К. Карапетян // Вестник АПК Верхневолжья. – 2013. – Т. 22. – № 2 – С.83-86.

19. Николаев, С.И. Эффективность использования в рационах цыплят-бройлеров биологически активных веществ / С.И. Николаев, Е.А. Липова, М.А. Шерстюгина, К.И. Шкрыгунов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. Т. 32 – № 4. – С. 115-120.

20. Николаев, С.И. Эффективность использования премиксов в кормлении цыплят-бройлеров / Николаев С.И., Карапетян А.К. / Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. - 2012. - № 5. - С. 51-54.

21. Продукт технического производства в качестве наполнителя для БВМК / Волколупов Г.В., Чехранова С.В., Карапетян А.К., Шерстюгина М.А. //

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2016. - № 3 (43). - С. 141-148.

22. Сравнительный аминокислотный состав кормов / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, Е.В. Корнилова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 3(35). – С. 126-130.

23. Сравнительный анализ аминокислотного состава кормов / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, Е.В. Корнилова, М.В. Струк // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 107(03).

24. Сравнительный анализ химического состава продуктов переработки семян масличных культур / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, С.В. Чехранова, Е.А. Липова, О.Ю. Брюхно, М.А. Шерстюгина, Е.В. Землянов // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 118. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/83.pdf

25. Шерстюгина, М.А. Повышение продуктивности птицы и качества яиц при использовании биологически активных веществ / Шерстюгина М.А., Карапетян А.К.// материалы международной научно-практической конференции «Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях». - 2016. - С. 387-391.

26. Эффективность использования горчичного белоксодержащего кормового концентрата «Горлинка» в кормлении цыплят-бройлеров / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, С.В. Чехранова, Е.А. Липова, О.Ю. Брюхно, М.А. Шерстюгина, Е.В. Землянов // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 118. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/85.pdf.

27. Эффективность использования нута в кормлении кур / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, Е.В. Корнилова, М.В. Струк // Научный журнал КубГАУ. – 2015. – № 107(03).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

28. Эффективность использования различной структуры рациона для кур-несушек / О.Е. Кротова, А.К. Карапетян, С.И. Николаев, В.Н. Струк // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2013. – № 5. – С. 41-46.

29. Эффективность премиксов «Волгавит» / С. Николаев, А. Карапетян, В. Фризен, Ю. Сошкин // АгроРынок. - 2013. - № 1. - С. 36.

30. Premixes in the feeding of broiler chickens / S.I. Nikolayev, V.N. Struk, A.K. Karapetyan N.V. Struk, E.A. Lipova, A.R. Khalikov, O.E. Krotova // Vestnik OrelGAU. – 2013. – №5. – T.44. – P. 46-50.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 577.122

Nikitina Z.K., Gordonova I.K. Exogenous regulation of biosynthetic activity of Penicillium citrinum – keratinases producer

Экзогенная регуляция биосинтетической активности *Penicillium citrinum* – продуцента кератиназы

Nikitina Zoya Kimovna,
Dr. Sc. (Biol), Professor,
All-Russian Scientific Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia
Gordonova Irina Konstantinovna
Ph. D. (Biol), Leading Research Scientist,
All-Russian Scientific Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia
Никитина Зоя Кимовна
д.б.н., профессор,
гл. научн. сотрудник ФГБНУ ВИЛАР (Москва)
Гордонова Ирина Константиновна
к.б.н.,
вед. научн. сотрудник, ФГБНУ ВИЛАР (Москва)

Abstract. *The aim of this work was the study of exogenous factors in the regulation of P. citrinum enzyme secretion to increase the micromycete productivity. This may indicate that the highest potential as the proteinases inducer for P. citrinum has hair keratin. The results of submerged cultivation have confirmed a higher degree of induction of the secretion of proteinases by hair keratin compared to skin proteins and liquid keratin. The most ideal conditions of P. citrinum cultivation were selected: inductor – 2% hair keratin, sowing material – vegetative mycelium in the amount of 10%, thiamine - 10 mg/l.*

Keywords: *Penicillium citrinum, keratinase, vegetative sowing material.*

Аннотация. *Целью работы являлось изучение факторов экзогенной регуляции секреции фермента P. citrinum для увеличения продуктивности микромицета. Показано, что кератин волос обладает высоким потенциалом в качестве индуктора синтеза протеиназ у P. citrinum. Результаты глубинного культивирования подтвердили высокую степень индукции секреции протеиназ кератином волос по сравнению с белками кожи и жидким кератином. Выбраны наилучшие условия для культивирования P. citrinum: индуктор – 2% кератин волос, посевной материал – вегетативный мицелий в количестве 10%, тиамин – 10 мг/л.*

Ключевые слова: *Penicillium citrinum, кератиназы, вегетативный посевной материал, кератин волос.*

Поиск продуцентов кератиназ представляет несомненный интерес для различных областей жизнедеятельности человека. Ферменты используются в сельском хозяйстве, кожевенной и текстильной промышленности, медицине и косметологии [1, 2]. Кроме того, использование данных гидролаз перспективно для решения различных экологических проблем [3]. Ранее нами были разработаны подходы, позволяющие осуществлять поиск продуцентов

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

кератиназ [4, 5]. Показано, что микромицет *Penicillium citrinum* РС-54-91ВИЛАР при глубинном культивировании на средах, содержащих кератин волос, секретирует в культуральную жидкость протеолитические ферменты [5]. Разработаны методы выделения и очистки кератинолитического фермента *P. citrinum*, охарактеризованы его свойства [6]. Обнаружена возможность регуляции биосинтеза кератиназы путем пересевов на средах, содержащих волосы, изменения соотношения белка и сахарозы и увеличения концентрации индуктора в среде [7-9].

Целью настоящей работы являлось дальнейшее изучение факторов экзогенной регуляции секреции фермента *P. citrinum* для повышения продуктивности микромицета.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Культуру *P. citrnum* выращивали на скошенной поверхности агаризованной среды Чапека следующего состава (%): $NaNO_3$ – 0,2; KH_2PO_4 - 0,1; $MgSO_4$ x $7H_2O$ – 0,05; KCl – 0,05; $FeSO_4$x $7H_2O$ – 0,001; $CaCO_3$ – 0,3; сахароза – 2; агар – 2, (pH 6,8) в течение 7-ми суток в термостате при 26^0C. Для проведения поверхностного культивирования использовали агаризованные среды, содержащие солевой фон среды Чапека с заменой сахарозы на 2% кератина волос, полученный так, как это было описано нами ранее [4], или жидкого кератина («Proteina», Польша). Кроме того, использовались белки кожи (2%), полученные следующим образом. Образцы нативной кожи из хвостов белых беспородных крыс-самок (120-150 г) тщательно измельчали, промывали водой, обезжиривали смесью хлороформ – метанол (1:1) и высушивали на лиофильной сушке «Edvards» до постоянного веса. Высушенные образцы измельчали в блендере.

Биодеструктивную способность микроорганизма оценивали по диаметру колоний на соответствующих субстратах после посева микромицета тремя уколами на агаризованную среду. Периодически осуществляли замер диаметра

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

колоний и зон лизиса в двух перпендикулярных направлениях. Активность биосинтеза ферментов оценивали по индексу лизиса кератиновых субстратов, определяемому соотношением площади лизиса к площади колонии по следующей формуле: I лиз = R^2лиз /R^2кол, где Rлиз – радиус зоны лизиса, Rкол – радиус колонии.

При глубинном культивировании в качестве посевного материала использовали суспензию спор (1,2x10^8 спор/мл), которые вносили в жидкую среду Чапека с частичной заменой сахарозы на кератин волос или жидкий кератин (0,5% сахарозы и 1.5% белка).

Для изучения влияния посевного материала суспензию спор в количестве 3 мл (1,0x10^8 спор/мл) вносили в 30 мл жидкой среды Чапека и культивировали в глубинных условиях в колбе объемом 100 мл в течение 3-х суток на качалке при скорости 220 об/мин при 26^{0}С для получения вегетативного посевного материала.

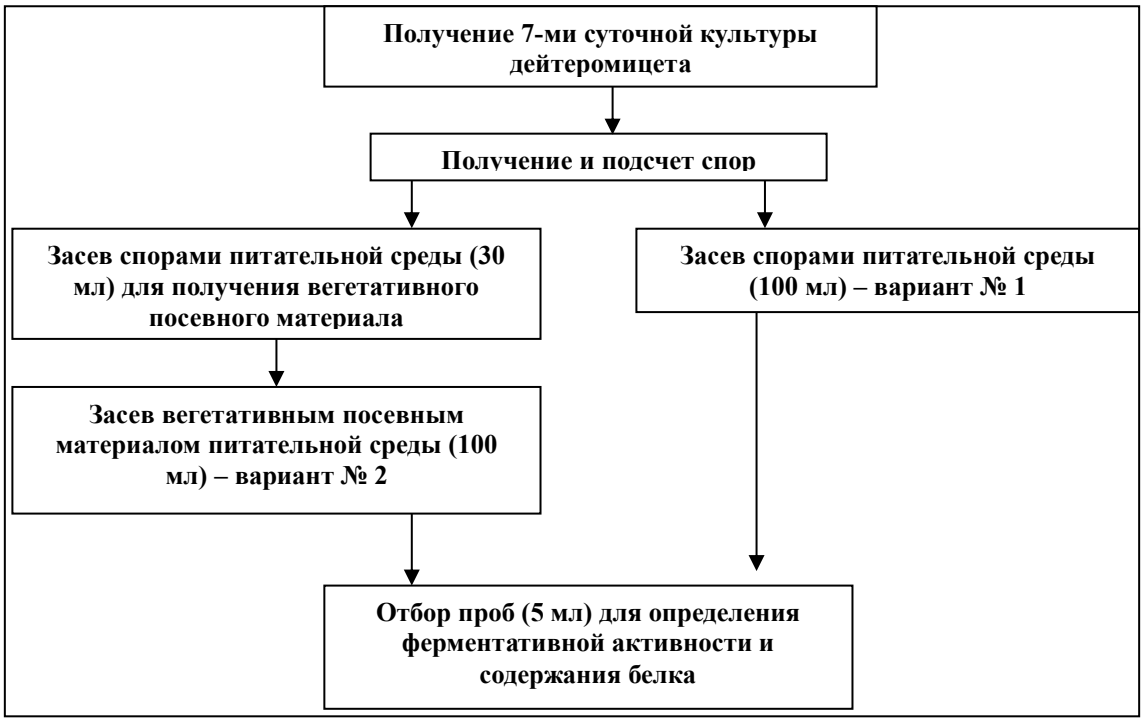


Рисунок 1. Последовательность операций при изучении влияния посевного материала на протеолитическую активность *P. citrinum*.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Дальнейшее экспериментальное культивирование осуществляли в глубинных условиях в колбах объемом 300 мл со 100 мл питательной среды на качалке при скорости 220 об/мин при 26^{0}С в двух вариантах (рис. 1). Вариант № 1: засевали 1 мл суспензии спор (1,0х10^8 спор/мл) в 100 мл модифицированной среды Чапека с частичной заменой сахарозы на кератиновый субстрат из волос (0,5% сахарозы и 1,5% кератина). Вариант № 2: 5 или 10 мл (5% или 10% мицелий) полученной суспензии вегетативного материала добавляли к 100 мл среды Чапека с полной заменой сахарозы на кератин волос. В некоторые пробы добавляли тиамина хлорид до концентрации 10 мг/л.

Для определения протеолитической активности через определенные интервалы времени отбирали аликвоты по 5 мл. Фильтрат культуральной жидкости дейтеромицета, полученный путем ее фильтрации через мембранный фильтр с диаметром пор 0,23 мкм, добавляли к суспензии кератина эпидермиса хвоста крыс (50 мг/мл) в 0,01М фосфатном буфере (pH 7.4) и инкубировали в течение 24 часов при температуре 37^{0}С. После 20-минутного кипячения с последующим центрифугированием при 6000 об/мин в течение 60 мин в супернатанте проводили определение суммарного количества свободных α-аминогрупп аминокислот нингидриновым методом [10]. Удельная кератинолитическая активность рассчитывалась по суммарному количеству образовавшихся за час свободных α-аминогрупп (в мкМ) в пересчете на мг внеклеточного белка, определенному методом Лоури [11].

Статистическую обработку результатов проводили, используя распределение Стьюдента для малых выборок, данные выражали в виде x ±σ [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что микроорганизмы продуцируют протеолитические ферменты в ответ на истощение в среде легко доступных питательных веществ, вследствие

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

чего, по-видимому, может снижаться катаболитная репрессия и активироваться синтез и секреция экзоферментов, например по механизму субстрат-специфической индукции [13]. Одним из способов экзогенной регуляции синтеза протеиназ является использование в процессе ферментации соответствующих белковых индукторов [14]. Показано, что дейтеромицеты различаются по способности гидролизовать те или иные белковые субстраты [15, 16]. Для выбора индукторов, обеспечивающих максимальный синтез гидролаз, необходимо оценить степень биодеградации микроорганизмами различных субстратов, используя комплекс ростовых характеристик, включающих диаметр колоний, скорость роста и индекс лизиса. В связи с этим, нами проводилась сравнительная оценка роста *P. citrinum* на агаризованных средах, содержащих различные кератиновые субстраты: волосы, белки кожи, жидкий кератин (Рис. 1).

Установлено, что до 7 суток культивирования наибольший диаметр колоний микромицета наблюдался на среде с жидким кератином. В этот же период диаметр колоний *P. citrinum* на средах с кожей был ниже на 9,6 – 58,0%. К 11 суткам культивирования диаметр колоний при росте на коже становился больше, чем при росте на жидком кератине на 12,9%. Наименьший диаметр колоний на всех сроках культивирования отмечен для среды с волосами (47,3 – 32,1% от максимального диаметра).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

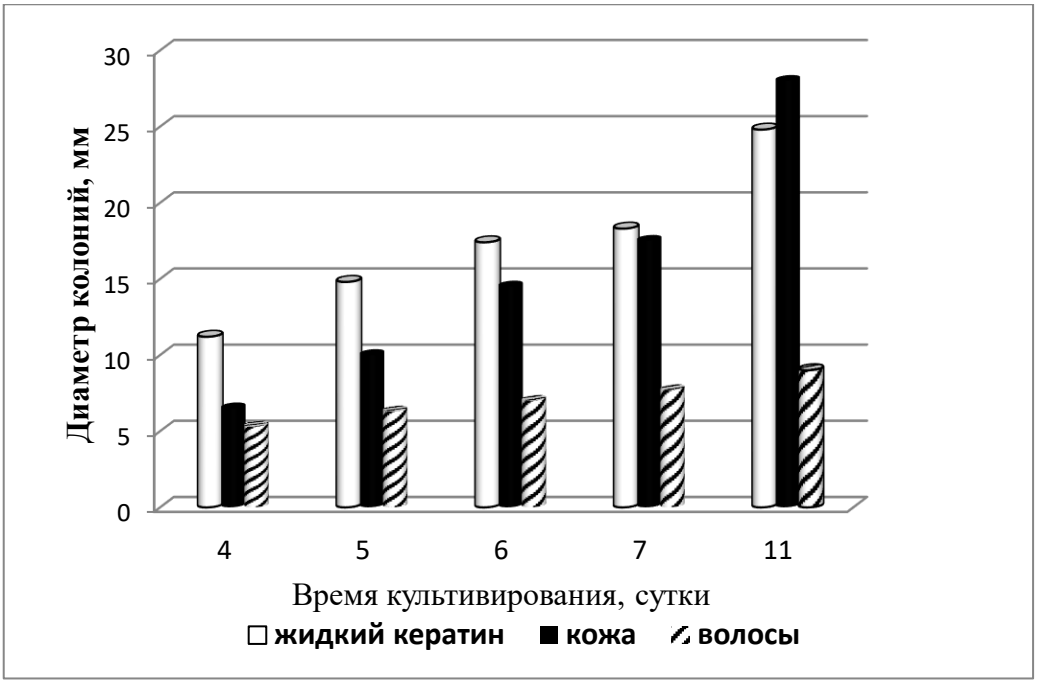


Рисунок 2. Диаметр колоний *P. citrinum* при росте на агаризованных средах с различными белковыми субстратами

Морфология колоний *P. citrinum* при росте на различных средах также существенно различалась. На средах с жидким кератином наблюдались хорошо развитые, плотные выпуклые колонии. На других питательных субстратах образовывались более тонкие, полупрозрачные колонии (рис. 3).

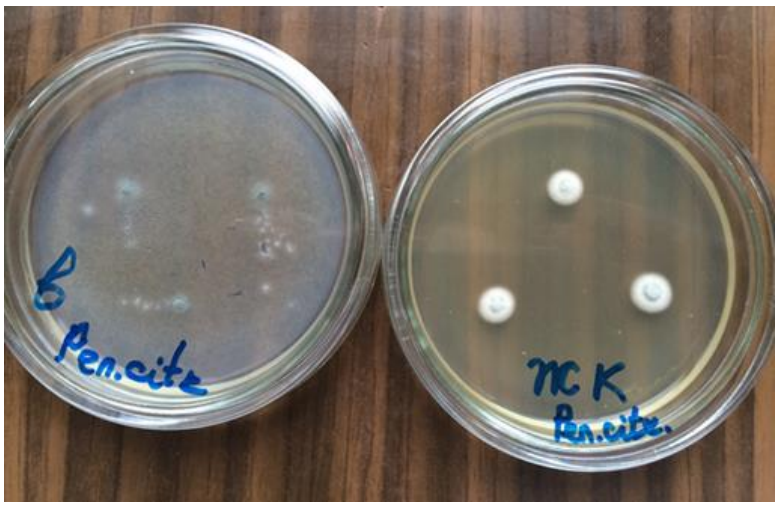


Рисунок 3. Рост *P. citrinum* на среде с кератином волос (слева) и жидким кератином (справа) на 4 сутки культивирования.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Изменение скорости роста *P. citrinum* в процессе культивирования существенно зависит от состава питательных сред (рис. 4). При культивировании на среде с жидким кератином наблюдалось быстрое увеличение указанного показателя к 4 суткам, а затем небольшое его снижение на 19% к 11 суткам.

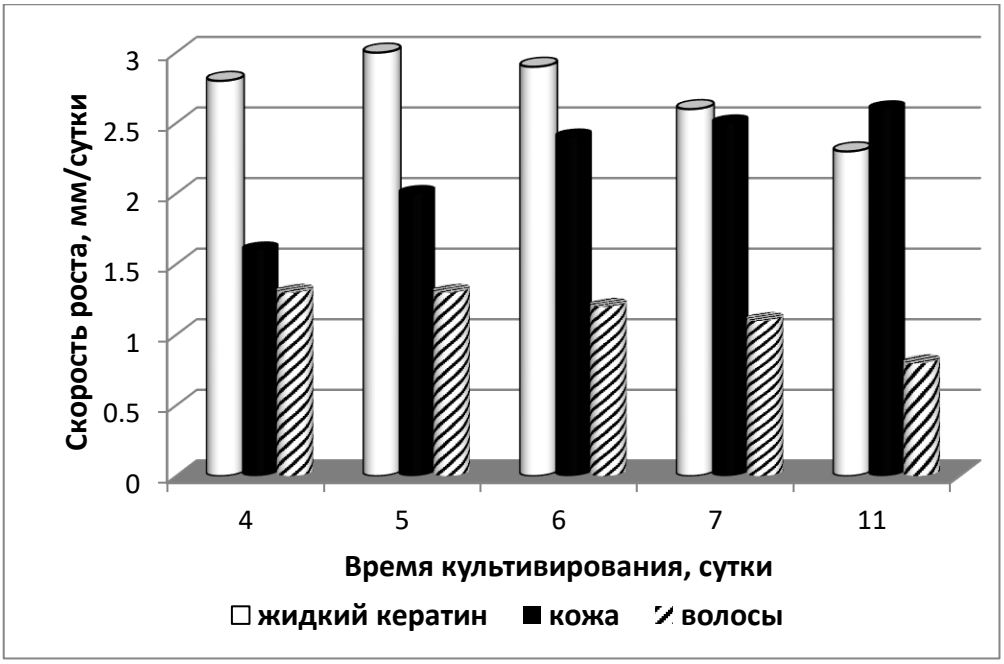


Рисунок 4. Скорость роста *P. citrinum* при культивировании на агаризованных средах с различными белковыми субстратами

В целом аналогичные закономерности отмечались и при росте на среде с кератином волос. На среде с белками кожи скорость роста постепенно повышалась и составляла к 11 суткам 163% от первоначальной величины. Средние скорости роста микромицета на различных белковых субстратах изменялись в ряду жидкий кератин > белки кожи > кератин волос (2,7; 2,2 и 1,1 соответственно).

Для оценки способности микроорганизмов синтезировать и секретировать гидролазы индекс лизиса при росте на соответствующем субстрате, который определяется как соотношение диаметра зон лизиса и диаметра колоний (табл. 1). При культивировании *P. citrinum* на среде, содержащей жидкий кератин,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

зоны лизиса обнаружены не были, что может быть обусловлено присутствием большого количества низкомолекулярных пептидных фрагментов, образующихся при получении препарата. При росте на белках кожи зоны лизиса выявлялись на 5 сутки, индекс лизиса достигал максимума к 7 суткам.

Таблица 1.

Индексы лизиса *P. citrinum* на различных средах

Субстрат	Время культивирования, сутки				
	4	5	6	7	11
кожа	-	1,50	1,39	1,58	1,26
волосы	8,69	4,72	3,79	4,51	4,45
жидкий кератин	-	-	-	-	-

Наибольшие значения индекса лизиса отмечены при росте микромицета на средах с кератином волос. Уже к 4 суткам культивирования наблюдались его максимальные значения, которые в дальнейшем постепенно снижались почти в два раза. При этом максимальный индекс лизиса при росте на волосах был в 5,47 раз выше, чем при росте на белках кожи, что может свидетельствовать о наиболее высоком потенциале кератина волос как индуктора синтеза протеиназ у *P. citrinum*.

Таблица 2.

Влияние индукторов на кератинолитическую активность культуральной жидкости *P. citrinum*

Индуктор	Время культивирования, сутки	Максимальная удельная активность, мкМ/мгхч
Кератин волос	10	9,30±0,85
Жидкий кератин	4	2,61±0,30
Отсутствие индуктора	1 - 14	0

Действительно (табл. 2), при глубинном культивировании *P. citrinum* в средах Чапека с частичной заменой сахарозы на индуктор секреции протеиназ

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

установлено, что присутствие кератина волос в среде приводит к значительно большему увеличению максимальной ферментативной активности по сравнению с жидким кератином (в 3,6 раза). При этом время достижения максимальных значений при культивировании с жидким кератином в 2,5 раза меньше, чем при использовании кератина волос, что может быть вызвано присутствием в жидком кератине большого количества низкомолекулярных, легко утилизируемых компонентов и недостатком высокомолекулярных кератинов, являющихся индукторами. В связи с полученными результатами, дальнейшие исследования проводили с использованием кератина волос.

Для изучения влияния посевного материала на продуктивность экзопротеаз культивирование *P. citrinum* проводили в двух вариантах, как это описано в разделе «Материалы и методы». На всех этапах культивирования наблюдались заметные различия роста культуры: при засеве вегетативным материалом образовывались крупные пеллеты, тогда как при засеве спорами их размер был значительно меньше.

Синтез и секреция экзопротеаз *P.citrinum* существенно зависела от качественного и количественного состава посевного материала (рис. 5). Обнаружено, что наиболее раннее (4 сутки) появление в питательной среде протеиназ наблюдалось при использовании вегетативного материала в количестве 10%. Снижение доли мицелия в питательной среде в 2 раза приводило к удлинению фазы адаптации культуры к кератину волос, и секреция ферменов начиналась с 5 суток. Наиболее медленная адаптация *P.citrinum* происходила при засеве спорами (7 сутки).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Рисунок 5. Кератинолитическая активность культуральной жидкости *P.citrinum* в зависимости от количественного и качественного состава посевного материала

Аналогичным образом менялось и время достижения максимальной активности экзоферментов в культуральной жидкости, которое составляло 6, 8 и 10 суток при засеве мицелием в количестве 10%, 5% и спорами соответственно. Величина максимальной удельной активности менялась в том же ряду от 14,8 до 13,1 и 9,2 мкМ/мгхч соответственно. Таким образом, использование вегетативного посевного материала в количестве 10% позволяет увеличить продуктивность микромицета на 61% по сравнению с использованием спорового инокулюма. Полученные результаты согласуются с ранее опубликованными данными об увеличении продуктивности микроорганизмов при использовании вегетативного посевного материала вместо спор [17].

Следует отметить, что во всех случаях после достижения максимальных значений фиксировалось резкое снижения ферментативной активности в

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

культуральной жидкости, связанное, по-видимому, с наступлением лизиса культуры, который можно было наблюдать визуально.

В литературе имеются данные [18] о том, что введение в состав питательной среды витаминов (рибофлавин, тиамин) позволяет значительно увеличить секрецию экзопротеиназ микроорганизмами. В связи с этим, в целях дальнейшей оптимизации условий культивирования *P.citrinum* было изучено влияние тиамина на секрецию кератинолитических ферментов (табл. 3). Показано, что введение в состав среды 10 мг/л тиамина при засеве ее мицелием в количестве 10% приводило к увеличению продуктивности микромицета на 44%, не влияя на время достижения максимальных значений удельной активности. Двукратное увеличение концентрации витамина не вызывало статистически достоверных изменений ферментативной активности. Следует отметить, что полученное в наших экспериментах увеличение кератинолитической активности было значительно ниже, чем ранее приведенное в литературе для других грибных продуцентов экзопептидаз, что может быть связано с различиями в степени гетеротрофности микроорганизмов по тиамину, составе среды и условиях культивирования.

Таблица 3.

Влияние состава питательной среды на продуктивность *P.citrinum*

Особенности среды	Время культивирования, сутки	Максимальная удельная активность, мкМ/мгхч
2% кератин волос	6	14,8±1,5
2% кератин волос + 10 мг/л тиамин хлорида	6	21,3±2,0
2% кератин волос + 20 мг/л тиамин хлорида	6	22,7±2,2

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

ВЫВОДЫ

1.При поверхностном культивировании *P.citrinum* на средах, содержащих различные кератиновые субстраты, диаметр колоний и средние скорости роста снижались в ряду жидкий кератин > белки кожи > кератин волос.

2.Индексы лизиса у микромицета были выше на среде с кератином волос, чем на среде с белками кожи на всех этапах культивирования. При росте на среде с жидким кератином зоны лизиса отсутствовали. Это может свидетельствовать о наиболее высоком потенциале кератина волос как индуктора синтеза протеиназ у *P. citrinum*.

3.Результаты проведенного глубинного культивирования подтвердили более высокую степень индукции секреции протеиназ кератином волос по сравнению с жидким кератином.

4.Использование вегетативного посевного материала вызывает увеличение ферментативной активности экзопротеаз в культуральной жидкости и снижение времени ферментации по сравнению с засевом спорами.

5. Варьирование концентрации вегетативного посевного материала позволяет регулировать уровень синтеза и динамику накопления кератинолитических ферментов.

6.Введение в питательную среду тиамина приводило к дополнительному увеличению ферментативной активности в культуральной жидкости.

7.В результате проведенных исследований выбраны условия культивирования *P. citrinum* оптимальные для получения экзопротеаз: индуктор – кератин волос, посевной материал – вегетативный мицелий в количестве 10%, введение в среду тиамина 10 мг/л.

References

1. Onifade A.A., Al-Sane N.A., Al-Mussallam A.A. A review: potentials for biotechnological application of keratin-degrading microorganisms and their

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

enzymes for nutritional improvement of feathers and other keratins as livestock feed resources / Bioresource Technol. – 1998. – V. 66. – P. 1-11.

2. Shih J.C.H., Wang J.J. Keratinase technology: from feather degradation and feed additive to prion destruction / CAB Reviews: Perspect. Agri. Vet. Sci. Nutri. Natur. Resourc. – 2006. – V. 42, № 1. – P. 1-6.

3. Gianfreda L., Rao M.A. Potential of extra cellular enzymes in remediation of polluted soils: a review / Enzyme Microbiol. Technol. – 2004. – V. 35. – P. 339 – 54.

4. Гордонова И.К., Дмитриев Г.В., Никитина З.К., Яковлева М.Б., Орехов С.Н. Поиск микроорганизмов – продуцентов кератиназ / Вопросы биол., медиц. и фармацевтич. химии. – 2007. - № 4. – С. 11-5.

5. Гордонова И.К., Никитина З.К., Зон Х.Ч., Томашевич С.В., Быков В.А. Изучение протеолитических свойств дейтеромицетов при росте на модифицированных и немодифицированных кератинсодержащих субстратах / Вопросы биол., медиц. и фармацевтич. химии. – 2009. - № 1. – С. 19-24.

6. Никитина З.К., Гордонова И.К. Выделение, очистка и биохимические свойства кератинолитического фермента, секретируемого *Penicillium citrinum* / Вопросы биол., медиц. и фармацевтич. химии. – 2013 - № 9 – С. 36-41.

7. Никитина З.К., Гордонова И.К., Быков В.А. Способ получения кератиназы из *Penicillium citrinum* // Патент России № 2499833. 2013. Бюл. № 33.

8. Никитина З.К., Гордонова И.К. Оптимизация способа получения кератиназы *Penicillium citrinum* путем направленной адаптации культуры и экзогенной регуляции биосинтеза фермента / Вопросы биол., медиц. и фармацевтич. химии. – 2014 - № 5. – С. 32-6.

9. Гордонова И.К., Никитина З.К. Экзогенная регуляция биосинтетической активности микромицета Penicillium citrinum – продуцента кератиназы / Современная микология в России. – 2015 - № 5. – С. 238-40.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

10. Lee Y.P., Takahashi T., An improved colorimetric determination of amino acids with the use ningydrin / Anal. Biochem. – 1966. – V. 14, № 1. – P. 71-6.

11. Lowri O.H., Rosebrough N.J. Farr A.L. Protein measurement with the Folin reagent / J. Biol. Chem. – 1954 – V. 193, № 1. – P. 265-74.

12. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М.: Высшая школа, 1980. 190 с.

13. Цаплина И.А. Биосинтез микроорганизмами нуклеаз и протеаз. - М.: Наука, 1979. - С. 197-243.

14. Никитина З.К., Быков В.А. Особенности использования микроорганизмов-продуцентов биологически активных веществ / Вопросы биол., мед. и фарм. химии. – 2012. - № 1. – С. 75-80.

15. Никитина З.К., Гордонова И.К., Яковлева М.Б., Зон Хы Чол Сравнительная оценка роста дейтеромицетов при использовании различных белоксодержащих субстратов / Вопросы биол., медицинской и фармацевтической химии. – 2015. - № 11. – С. 27-32.

16. Kunert J. Physiology of keratinolytic fungi //Biolody of Dermatophytes and other Keratinophilic Fungi, Eds R. K. S. Kushwara et al. - Bilbao: Revista Iberoamericano Micologia, 2000. - P. 77-85.

17. Яковлева М.Б., Никитина З.К. Коллагенолитическая и протеолитическая активности *Penicillium chrysogenum* в зависимости от количества вегетативного посевного материала /Вопросы биол., медицинской и фармацевтической химии. – 2013. - № 1. – С. 30-4.

18. Кудрявцева Н.Н., Гвоздева Е.Л., Софьин А.В., Валуева Т.А. Влияние состава среды культивирования гриба *Rhizoctonia solani* на секрецию протеолитических ферментов / Прикладная биохимия и микробиол. – 2010. – Т. 46, № 3. – С. 355-62.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 63

Orobets V.A., Sevostyanova O.I., Kastarnova E.S. Obtaining of ecologically safe poultry products based on the use of adaptogenic complexes.

Orobets V.A.
PhD in Veterinary sciences
Sevostyanova O.I.
PhD in Biological sciences
Kastarnova E.S.
Student
The Stavropol State Agrarian University

Abstract. *The article study of the possible toxicity and biological value of the meat of chickens receiving the vitamin-mineral complex was carried out using the Tetrahymena pyriformis test system. Thus, the use of vitamin-mineral complex in a diet of 1.0 ml per 1 liter of drinking water twice during the period from 12 to 16 and from 27 to 31 days of growing promotes more intensive development of chickens in comparison with the control. On the biological value and harmlessness the meat of broiler chickens, which received the vitamin-mineral complex, has no distinct differences with the meat of the control group.*

Keywords*: toxicity, biological value, meat of chickens, vitamin-mineral complex.*

The problem of poultry products safety is one of the main directions for poultry farming. In recent decades, the importance of poultry meat and eggs in human nutrition has been increasing in the world: these foods have high nutritional and dietary qualities, their production can be very rapidly increased, moreover, these products are relatively inexpensive [1].

Ensuring the safety of food, including poultry products, requires the active participation of all parts of the human food chain, from poultry-growing or egg production to packaging, distribution, storage of ready-made foods and its preparing for consumption [2,3,4].

Great attention is paid to the content of unwanted chemical compounds in food. In particular, in recent years, even table salt, such as excessive sodium intake, is associated with an increased risk of cardiovascular diseases. However, not everyone agrees that the less salt in food, the better. It turned out that the connection between sodium intake and the risk of cardiovascular disease is not so simple and straightforward as was previously thought [5,6].

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Some commonly consumed ready-to-eat foods from meat, including poultry, may contain carcinogens, especially compounds such as heterocyclic amines (NSA). However, their amounts are insignificant and with moderate consumption of such products do not harmful to human health [7].

Livestock products may contain residues of veterinary drugs, but a survey conducted by the European Food Safety Agency (EFSA) showed that the share of such products is negligible (for poultry products - only about 0.2%) [8].

According to the content of essential substances, chicken meat practically does not differ from the meat of slaughter animals, it has relatively little connective tissue, and, consequently, defective proteins (collagen and elastin), which significantly affects the juiciness, consistency and biological value of products from it. It contains high-grade proteins, fats, carbohydrates, vitamins, macro- and microelements. More than 85% of the protein substances of the muscle tissue of chickens are considered to be complete - containing all the essential amino acids. So, the content of defective proteins in chicken meat is 1.5-2.0%, while in beef - 3.0%, pork - 5.0% [9].

High productive and reproductive qualities can be achieved only on condition of full and well-balanced feeding, as feeding can influence the expression of genes, that is, the realization of genetic potential [10].

Until recently, salts and oxides of manganese, zinc, copper, iron, cobalt, iodine and selenium have been added to trace mineral feed in microelements. The degree of availability of microelements from inorganic salts and oxides is low (especially oxides). In addition, they destroy vitamins in premixes and can interact with each other to form insoluble compounds. The metals not digested by the body of the bird are excreted with a droppings, polluting the soil and water [11].

The powerful effect of trace elements on physiological processes is explained by the fact that they are part of so-called accessory substances: respiratory pigments, vitamins, hormones, enzymes and co-enzymes involved in the regulation of life processes. Taking into account that there are maximum permissible levels in the

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

feeds of some chemical elements, including copper, zinc, iron, cobalt, selenium and iodine, excluding salt from these elements from the diet and consuming new drugs with water will solve the problem of overdose, including stability vitamins in the premix.

That is why the search for new methods and ways to increase the productivity, resistance and stress resistance of the poultry organism, including on the basis of the use of active vitagens, is an actual direction of modern veterinary pharmacology.

Scientific and industrial experiments on obtaining poultry meat were carried out on broiler chickens of cross-country "Ross-308". For this, two groups of broiler chickens with 30 heads each were formed. Both groups were completed according to the principle of analog groups (the same chicks of the same age, and overall development). The bird intended for experiments was individually weighed and distributed into groups by random sampling.

In all groups, broiler chickens received mixed feeds of the same composition and nutritional value. To the broilers of the experimental group there were additionally introduced into the diet with a dispersed form of the vitamin-mineral complex containing in its composition in the optimal composition a group of lipophilic (A, D, E, K) and hydrophilic (H, B2, B6, C) vitamins, as well as microelements of selenium, magnesium and zinc. In studies on broiler chickens, indicators such as livestock safety, live weight, average daily weight gain, feed intake, inductance, digestibility of essential nutrients, and the quality of broiler chicken meat were considered. During studying the meat production of birds, the live and slaughter mass, the yield of carcass and by-products were determined. All the main indicators of meat productivity were better in experimental birds. The conducted researches showed that the introduction of the vitamin and mineral complex into the ration of chicken broilers had a noticeable effect on the main indicators of poultry productivity (Table 1).

Table 1

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

The effect of the vitamin-mineral complex on the performance of broiler chickens (n = 50)

Index	Group	
	control	experimental
Chick livability, %	98,0	100,0
Live weight of chickens (g) aged: Day	39,5±0,4	39,5±0,4
21 day	736,5±5,8	768,7±6,2*
% to control	100,0	104,3
38 days	2178±23,1	2241±24,3*
% to control	100,0	102,38
including males	2281±25,4	2356±25,1*
% to control	100,0	103,2
including females	2088±21,8	2182±24,4*
% to control	100,0	104,5
Average daily gain in live weight of chickens, g	57,7	58,9
% to control	100,0	102,1
Расход корма на 1 кг прироста, кг	1,75	1,70
% to control	100,0	97,1
Productivity index	321	344
% to control	100,0	107,2

*- p≤0,05

In broiler chickens of the experimental group, which received vitamin-mineral complex with drinking water, the safety was higher by 2% compared to the control, and the living weight on the 21st day of growing - by 4.3%.

By the 38th day of growing, the introduction of a vitamin-mineral complex into the diet ensured an increase in the live weight of chickens and an average daily gain of 2.38%, a decrease in feed intake per 1 kg of growth by 2.9%, and an increase in the productivity index by 7.2% parameters of the bird of the control group.

A study of the possible toxicity and biological value of the meat of chickens receiving the vitamin-mineral complex was carried out using the Tetrahymena pyriformis test system (Table 2).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

In penicillin vials poured 2 ml of distilled water and 200 mg of ground meat were added to the vials. The vials were filled with 0.1 ml of a three-day culture of Tetrahymena pyriformis. Observation of the vital activity of the cells was carried out for 3 hours from the beginning of the experiment-every 30 minutes. For this, the contents of the vials were shaken, and after the settling of the meat (10-30 sec), a drop of supernatant was taken with a bacteriological loop and examined under a microscope (eyepiece - 7, objective - 10) for the presence of living cells and their mobility. As a result of the conducted studies it was established that the meat of chickens of experimental groups is not toxic. It did not adversely affect the survival of the infusorians, the nature of their movement and morphological indices.

To determine the biological value of poultry meat, a sample of 2.4 mg in nitrogen was taken, placed in a mortar and pounded with pestle for 1-2 minutes. Then, 8 ml of yeast carbohydrate-salt medium was added there, triturated for a few seconds with a pestle and poured into a separate tube.

Table 2

Biological value of meat of chickens

Group	The average number of infusorians in 1ml	Biological value (in % to control)
control	$22,41 \times 10^4$	100,0
experimental	$23,52 \times 10^4$	104,2

After stirring up the obtained substrate, 2 ml of suspension was pipetted from the tube and poured into each of the three vials. We placed it in a tripod and put it in boiling water to inactivate the foreign microflora. After cooling to room temperature in sterile conditions, one drop of a three-day culture of infusoria grown on a peptone medium was introduced into them. Put in the thermostat at 25 ° C for 4 days. The relative biological value was determined by counting the infusorians of Tetrahymena pyriformis that had grown over 4 days. Counting is performed in 10 squares of the Fuchs-Rosenthal counting chamber to obtain the average result.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

As can be seen from the data presented in Table 2, the meat of the birds in the experimental groups has a negative effect on the survival of the cells of the infusoria Tetrahymena pyriformis, their mobility, behavioral response and morphology is not established, which indicates the absence of toxicity. The number of infusorians of Tetrahymena pyriformis in the group where the vitamin-mineral complex was applied was 23.52 x 104 in 1 ml or 1.11 x 10 4, and the biological value was higher by 4.2% compared to the meat of the control group of chicken, which indicates about its high quality.

Thus, the use of vitamin-mineral complex in a diet of 1.0 ml per 1 liter of drinking water twice during the period from 12 to 16 and from 27 to 31 days of growing promotes more intensive development of chickens in comparison with the control. On the biological value and harmlessness the meat of broiler chickens, which received the vitamin-mineral complex, has no distinct differences with the meat of the control group. Such meat does not adversely affect the survival of infusorians Tetrahymena pyriformis, the nature of their movement and morphological indices.

References

1. Gushchin V.V., Rusanova G.E., Riza-Zade N.I. World trends in the development of technology in the production of poultry meat products // Bird and poultry products. - 2014. - №2. - P. 20-24.

2. Salvage, Bryan. New anti-Listeria ingredient approved in Canada. MeatPoultry.com, 2011, February 7.

3. Study: Human health risk from uncooked poultry. WorldPoul-try.net, 2011, 14 September.

4. Thornton, Gary. Poultry Industry roundtable identifies 5 keys to food safety. "Poultry USA, 2011, Vol. 12 No. 6 p. 10, 12, 14-16.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

5. Gray, Nathan. Review highlights possibilities for healthier pro-cessed meat. MeatProcess.com, 2011, 22 September.

6. Sodium intake guidelines questioned. MeatPoultry.com, 2011, No-vember 28. 7. Edwards, Emma. Ready-to-eat meat products low in carcinogens: study.

MeatProcess.com, 2011, 24 March.

8. EFSA report on veterinary drug residues in animals and animal products. WorldPoultry.net, 2011, 01 June.

9. Gushchin V.V., Kulishev B.V., Makoveev I.I., Mitrofanov N.S. Technology of semi-finished products from poultry meat. - Moscow: Kolos, 2002. - 200 p.

10. Fisinin V.I. State and development of domestic and foreign poultry. Materials of the All-Russian Scientific and Production Conference on Poultry. Kazan, 2010. - P. 3-8.

11. Fisinin V., Egorov I., Avdonin B. Evaluation of the feed supplement "Oregostim" // Poultry farming. - 2010. - No. 8. - P. 18-19.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 10. EDUCATIONAL TECHNOLOGY

UDC 37

Kalmykov N., Arinushkina N., Markelov A., Neverov A., Ruchkin A., Guzhov A. About the results of the implantation of the FTP «Research and development on the priority directions of development of the scientific and technological complex of Russia for 2007-2013» and «Scientific and scientific and pedagogical personnel of innovative Russia for 2009-2013»: archive of 2014

Об итогах реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направления развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» и «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы»: архив за 2014 г.

Kalmykov Nikolay
PhD in Sociological sciences,
Director of Expert-analytical centre of RANEPA
Arinushkina Natalya
PhD in Pedagogic sciences, Assoc. Prof. of Department of Economic Psychology and Psychology of Public Service of the Volga Region Institute of Management - branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration
Markelov Anton
Grand PhD in Economic sciences, Professor of the Department of Economic Psychology and Psychology of the Public Service of the Volga Region Institute of Management - branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration
Neverov Alexander
Grand PhD in Economic sciences, associate professor, head of the department of economic psychology and Psychology of Public Service of the Volga Region Institute of Management - branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration
Ruchkin Alexey
PhD in Sociological sciences, Associate Professor of the Personnel Management Department, Head of the Scientific Department of the Ural Institute - branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration
Guzhov Andrey, researcher
of Expert-analytical centre of RANEPA
Калмыков Николай
кандидат социологических наук,
директор Экспертно-аналитического центра РАНХиГС
Аринушкина Наталья

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

кандидат педагогических наук, доцент кафедры экономической психологии и психологии государственной службы Поволжского института управления – филиала РАНХиГС
Маркелов Антон
доктор экономических наук, профессор кафедры экономической психологии и психологии государственной службы Поволжского института управления – филиала РАНХиГС
Неверов Александр
доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой экономической психологии и психологии государственной службы Поволжского института управления – филиала РАНХиГС
Ручкин Алексей
кандидат социологических наук, доцент кафедры управления персоналом, начальник научного отдела Уральского института – филиала РАНХиГС
Гужов Андрей, научный сотрудник
Экспертно-аналитического центра РАНХиГС

Abstract. *One of the main problems in the development of market relations in the domestic science is the fact that scientific knowledge is largely not a private but public good, the generation of which in the specific civilizational framework provides the very existence of a sovereign national economy, and also forms national identity and national security.*

Keywords: *research, scientific and technological, Russia, personnel*

Аннотация. *Одной из основных проблем на пути становления рыночных отношений в отечественной науке выступает тот факт, что научное знание в значительной степени выступает не частным, а публичным благом, генерация которого в конкретных цивилизационных рамках обеспечивает само существование суверенной национальной экономики, а также формирует национальную идентичность и безопасность страны.*

Ключевые слова: *исследования, научно-технологического, Россия, кадры*

Ключевым направлением создания конкурентной среды в сфере науки и технологий является формирование единого конкурентного поля и переход к формированию точек роста. При этом в сфере академической и вузовской науки проводится селекция, разбивающая всю совокупность вузов и учреждений на три уровня: ведущие (ведущие научные центры, федеральные и национально-исследовательские университеты); перспективные (перспективные научные центры и ряд государственных университетов, получивших поддержку хотя бы по одному из крупных грантовых проектов); отстающие (научные центры, утратившие научный статус и остальные университеты). В этих условиях встает вопрос о правомерности применения к

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

отечественной науке традиционного подхода, основанного на коммерциализации инноваций как базисном результативном показателе.

Одной из основных проблем на пути становления рыночных отношений в отечественной науке выступает тот факт, что научное знание в значительной степени выступает не частным, а публичным благом, генерация которого в конкретных цивилизационных рамках обеспечивает само существование суверенной национальной экономики, а также формирует национальную идентичность и безопасность страны. К сожалению, можно считать доказанным факт того, что сектор публичных благ относится к так называемым провалам рынка. Это означает, что рыночный механизм не в состоянии обеспечить эффективное воспроизводство публичных благ, в том числе и научных. Конечно, далеко не все научные знания можно отнести к публичным – так большой процент прикладных научных исследований изначально ориентирован на потребительский сектор, а значит, может быть воспринят как генерация знаний в форме частного блага (сюда, в частности, относятся научные знания, обеспечивающие уровень образовательных услуг).

Другим важнейшим элементом науки выступает генерация знаний, обеспечивающих обороноспособность страны (сюда относятся так называемые критические технологии и приоритетные направления) – этот сектор всегда достаточно устойчиво финансируется государством. Но необходимо помнить и о гуманитарных и общественных науках.

Эта сфера науки собственно и обеспечивает культурно-историческую идентичность нации, следовательно, и суверенность государства. Общество не может быть эффективным и конкурентоспособным на мировой арене только при наличии передовой материальной базы. Необходимо нравственное воспитание и высокий уровень культуры нации.

Отдельного упоминания заслуживает наблюдаемый нами сейчас процесс психологизации геополитической борьбы, когда основные информационные

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

эффекты и инструментарий воздействия на контрагентов, строится на когнитивных технологиях и эффектах психологии массового и индивидуального сознания. К сожалению, в данном направлении отечественный научный сектор сегодня по уровню практически применимых психотехник и технологий существенно отстает.

Реализация в 2009-2013 гг. ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (далее – ФЦПК) и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России», выступили в качестве одного из четырех базовых инструментов финансирования и институциональной организации научной деятельности в Российской Федерации, наряду с системой грантовой поддержки через Российский гуманитарный научный фонд (далее – РГНФ), Российский фонд фундаментальных исследований (далее – РФФИ) и другие отечественные и зарубежные фонды; системой государственных заданий вузам, реализуемой до 2012 г. в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы»; системой финансирования программы фундаментальных исследований государственных академий наук, специальными программами по поддержке научной деятельности и проведением НИОКР по заказам различных органов государственной и муниципальной власти и субъектов хозяйствования.

В совокупном объеме финансирования отечественной науки на данные программы пришлось 3,7% в 2009 г., 3,7% в 2010 г., 6,7% в 2011 г., 6,3% в 2012 г. (за 2013 г. у нас нет данных об общем объеме внутренних затрат на научные исследования).

В числе наиболее значимых эффектов реализации программ выступает:

– Реализация процесса перевода наиболее активных исследовательских групп на конкурсный принцип функционирования, что

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

привело к изменению мотивации, организации и методики научной деятельности в данных группах.

– Трансформация мышления руководителей региональных вузов в сторону необходимости поддержки конкурентоспособных научных коллективов и понимания повышения роли научной деятельности в системе общего финансирования вузов (здесь действовал комплекс факторов: действие ФЦП («пряник») комбинировалось с ужесточением показателей деятельности вузов по линии Минобрнауки России («кнут»)).

– Создание единого конкурентного поля для всех научных коллективов вне зависимости от их ведомственной принадлежности. Однако здесь надо отметить, что подавляющее большинство контрактов в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» пришлись на систему РАН, тогда как большинство контрактов в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на систему «вузовской» науки. Тем не менее, были созданы единые инструменты конкуренции идей и репутаций, для всех категорий научных коллективов.

– Стимулирование существующих научных коллективов к закреплению молодых ученых, студентов и аспирантов. Наличие обязательного норматива по численности данных категорий привело к возникновению воспроизводственных цепочек научных кадров, которые до реализации данных ФЦП фактически отсутствовали.

Центр психолого-экономических исследований Саратовского научного центра Российской академии наук с декабря 2013 г. базирующийся в Поволжском институте управления имени П.А. Столыпина Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации с 2009 г. проводит анализ внедрения рыночных и программно-целевых средств управления сферой науки и технологий.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

На сегодняшний день осуществлен комплексный анализ основных тенденций и особенностей развития науки и технологий в Российской Федерации. Базой для анализа выступают материалы, представленные: в статистических сборниках, выпускаемых Национальным исследовательским университетом «Высшая школа экономики»; в докладе «Национальная инновационная система и государственная инновационная политика Российской Федерации», подготовленном Министерством образования и науки Российской Федерации в 2009 г.; прогнозе научно-технологического развития до 2025 г.; Российском инновационном индексе 2011 г.

Наиболее острыми проблемами остаются деформация возрастной структуры и старение научных кадров. Определенный положительный эффект на преодоление данного процесса ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» оказали.

Отличительной особенностью российской науки является устойчивое доминирование занятости в сфере технических наук: здесь занято немногим менее двух третей (61,6%) всех исследователей, хотя удельный вес этой группы специалистов постепенно уменьшается. В течение рассматриваемого периода увеличивалась лишь численность исследователей в области гуманитарных наук (в среднем на 1,1% ежегодно). Контингент исследователей в сфере сельскохозяйственных, естественных и технических наук на протяжении рассматриваемого периода постоянно сокращался.

Подобная структура находится в противоречии со структурой внутренних затрат на научные исследования и разработки. Так, распределение внутренних затрат на исследования и разработки (далее – ИиР) по областям науки показывает, что в России на протяжении всего периода статистических наблюдений наибольший удельный вес приходится на технические науки, затем с заметным отрывом следуют естественные науки. Доли медицинских и

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

сельскохозяйственных наук при всей их значимости для социально-экономического развития страны составляют всего 3% и 2,1% средств соответственно. Удельный вес затрат на ИиР в области общественных наук достигает 2,5%, а гуманитарных наук – остается на неизменном уровне 0,8-1%. В этой связи можно говорить о разнонаправленности процессов финансирования науки и численности научных исследователей.

В последние годы в России сохраняется устойчивая тенденция увеличения инвестиций в образование. С 2000 г. наблюдается почти восьмикратный рост совокупных расходов на образование; в реальном выражении они выросли в 2,2 раза. В 2009 г. расходы на образование достигли 2 050,1 млрд руб., т.е. около 5,2% ВВП. В странах ОЭСР аналогичный показатель варьирует от 4,7% (Ирландия) до 7,8% (Исландия) при среднем значении 5,7%. Более высокий, чем в России, уровень государственных расходов на образование в процентах к ВВП наблюдается в Швеции (6,7%), Франции (5,6%), Великобритании (5,4%) и США (5,3%). Между тем в среднем по странам ОЭСР уровень бюджетного финансирования образования по отношению к ВВП в конце 1990-х – второй половине 2000-х годов сохраняется на уровне 5,2%. Более четверти совокупных расходов на образование в нашей стране (28,8%) – а это около 1,4% ВВП – направляется на финансирование высшего профессионального образования. В государствах ОЭСР расходы на высшее образование из всех источников в среднем составляют около1,3% ВВП, варьируя от 0,9% в Италии до 3,1% в США. Удельный вес бюджетного финансирования в общем объеме средств, поступающих в систему высшего профессионального образования, находится на уровне 65%.

Наиболее существенная часть указанных средств (96%) выделяется из федерального бюджета. По сравнению с 2000 г. объем таких расходов увеличился в сопоставимых ценах в 4,1 раза, т.е. среднегодовой прирост ассигнований составлял 15,2%. Вторым по значимости источником

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

финансирования этой сферы являются расходы населения. На их долю приходится около 27% общего объема средств, поступающих в систему высшего образования. Остальные источники (собственные средства вузов, предприятий, некоммерческий сектор, зарубежные источники) не превышают 10%. Показателем экономической эффективности инвестиций в высшее образование в части их влияния на доходы населения является так называемая «премия» за образование. В 2009 г. ее среднее значение достигло 65%, а в ведущих российских вузах – 150-160%. По размеру «премии» за высшее образование в конце 2000-х годов Россия вышла на уровень ведущих зарубежных стран, обогнав государства Западной Европы и вплотную приблизившись к США.

Это наглядно свидетельствует о том, что одной из основных проблем современной российской науки выступает ухудшение структуры научных работников связанное с недопустимо низкой долей молодежи, занятой в данной сфере. В связи с этим наиболее важным критерием эффективности государственной образовательной политики является объективная оценка действия реализуемых программ и заданий на улучшение структуры научных работников.

Так, при сопоставлении численности занятых в проектах студентов с учетом курса обучения (для определения величины временного лага) с численностью занятых аспирантов величина прироста последних характеризует закрепление кадров в науке. К сожалению, данный процесс в ретроспективе невозможно исследовать персонифицировано, так как привлечение аспирантов не связано функционально с выпуском конкретных студентов, принимавших участие в проектах.

Такая возможность появится с развитием интерактивной программной оболочки сайта программ. Однако динамика долей студентов и аспирантов вполне ясно отражает последовательность смены статусов у молодых ученых. По

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

примеру российских грантовых фондов (РГНФ, РФФИ) программная оболочка сопровождения федеральных целевых программ в сфере науки и технологий могла бы содержать и отслеживать сведения о персональных результатах ученых, включая студентов и аспирантов, занятых в проектах. Тем самым обеспечивается отслеживание реальных научных траекторий и повышается адресность государственной поддержки. Кроме того, в этом случае возникает возможность выявления новых потенциально сильных молодых ученых, что создает объективные условия для оценки их работы и поддержки.

К примеру, применяемый для проектов ФЦПК критерий отнесения определенной доли финансирования на вознаграждение молодым ученым, с одной стороны, стимулирует их максимально интенсифицировать свое участие в проектах, но с другой – влияет на качество последних и ущемляет интересы состоявшихся ученых. К тому же большинство результативных показателей носит количественный характер (например, число статей в изданиях, входящих в системы цитирования), но не определяет долю статей, написанных молодыми учеными лично или в соавторстве с другими.

С другой стороны, проблемным выступает введение персонифицированного учета научных траекторий, поскольку в случае простого контроля за долей перехода активных студентов в статус аспирантов, а затем в статус научных работников автоматически научно-образовательным организациям и молодым специалистам подается сигнал к закреплению молодежи независимо от результативности и мотивации самих молодых потенциальных ученых. В случае подобного развития событий количественное омоложение науки не приведет к возрастанию эффективности научной деятельности.

В этой связи алгоритм управления воспроизводством научных кадров и контроль за закреплением молодежи в сфере науки должен опираться на следующие системные принципы:

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

– Быть инструментом, стимулирующим научные организации и образовательные учреждения к введению ставок научных работников для молодых ученых.

– Быть инструментом, повышающим привлекательность выбора научной карьеры для современной молодежи.

– Быть инструментом, позволяющим обеспечить безболезненный переход перспективного молодого ученого от уровня студенческой науки к профессиональной научной деятельности.

– Быть инструментом, стимулирующим совместную научную деятельность всех поколений ученых (не создающих «межпоколенную конкуренцию»), т.е. быть направленным на поддержку процесса формирования научных школ и новых научных направлений.

В этом смысле наиболее продуктивным выступает следующая последовательность действий:

1. Дифференциация научных коллективов и научно-образовательных центров по степени развития научных направлений: а) ведущая научная школа; б) научная школа; в) научное направление; г) перспективное направление; д) поисковая научная группа и введение соответствующих программ в рамках ФЦП.

2. Введение отдельных значений индексов закрепления молодежи для каждого из данных типов научных коллективов. Так, ведущая научная школа должна постоянно подтверждать свой статус за счет появления новых поколений исследователей, т.е. одним из критериев сохранения (но не получения) статуса должен быть процент привлечения молодых ученых в разрезе по поколениям (16-19; 20-23; 23-30; 30-35; 35-45), определяемый по показателям воспроизводства научного потенциала. В свою очередь, для поисковой научной группы необходим обратный критерий, складывающийся из двух компонентов:

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

нового перспективного научного направления, молодого руководителя (25-35 лет). В этом случае появится возможность выделения наиболее талантливых и перспективных молодых ученых и поддержка в создании ими новых научных групп.

3. Создание «вилки»: индекс подтверждения статуса; индекс повышения статуса; временной лаг повышения статуса (детерминированный возрастом руководителя группы).

4. Разработка критериальных показателей закрепления молодежи отдельно по каждой из групп научных коллективов.

В соответствии с данным алгоритмом и анализом наукометрической литературы нами были выделены следующие критериальные показатели научных групп:

1) Критерии *научной группы*:

– самоидентификация группы (ученые добровольно вносят себя в состав группы);

– перекрестное цитирование (индекс цитирования работ членов группы не ниже трети (может 20%)) от совокупного числа цитат (наверное стоит установить пороговые значения для перекрестного цитирования в зависимости от типа группы);

– единая методологическая платформа;

– общее направление исследований.

2) *Ведущая научная школа* – устойчивый коллектив ученых, включающий в себя не менее трех связанных общим методологическим подходом поколений ученых, работающих в непосредственном контакте, занимающий лидирующие позиции в определенном сегменте мировой науки.

Критерии ведущей научной школы:

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Лидирующее положение в сегменте мировой науки: а) совокупный импакт-фактор (функция от импакт-факторов РИНЦ, Scopus, Web of Science) группы входит в 50 ведущих научных групп по направлению; б) совокупный индекс цитирования группы входит в 50 ведущих научных групп по направлению; в) ведущие ученые группы устойчиво входят в редколлегии центральных журналов (в том числе международных), в состав экспертных комитетов и комиссий, организационные и программные комитеты международных конференций; г) стабильное финансирование исследований на протяжении нескольких грантовых периодов (от 5 лет и выше).

Поколенный состав группы: наличие не менее трех поколений ученых связанных одной проблематикой, в которой одно поколение выступает в качестве научных руководителей кандидатских диссертаций следующего.

Непосредственный контакт: работа в близких по географическому признаку организациях (в организациях одного региона Российской Федерации).

3) *Научная школа* – устойчивый коллектив ученых, включающий в себя не менее трех связанных общим методологическим подходом поколений ученых, работающих в непосредственном контакте.

Критерии научной школы:

Положение в сегменте мировой науки: а) стабильное финансирование исследований на протяжении нескольких грантовых периодов (от 3 лет до 10 лет); б) перекрестное цитирование членов группы не ниже 30% от общего числа цитат; в) не менее трех публикаций в год в ведущих научных журналах (входящих в индексы цитирования) на каждого члена группы.

Поколенный состав группы: наличие не менее трех поколений ученых связанных одной проблематикой, в которой одно поколение выступает в качестве научных руководителей кандидатских диссертаций следующего.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Непосредственный контакт: работа в близких по географическому признаку организациях (в организациях одного региона Российской Федерации).

4) *Научное направление* – коллектив ученых, объединенных общей проблемой исследований, работающих в непосредственном контакте на протяжении 5 лет и более.

Критерии научного направления:

Положение в сегменте мировой науки: а) совокупный объем публикаций по направлению не ниже 1 монографии и 15 публикаций в ведущих научных журналах (входящих в индексы цитирования); б) перекрестное цитирование членов группы не ниже 15% от общего числа цитат; в) защиты кандидатских и докторских диссертаций по данному направлению.

Непосредственный контакт: работа в одной организации.

Самоопределение ученых: добровольное включение в состав направления.

5) *Перспективное научное направление* – коллектив ученых, объединенных общей проблемой исследований, работающих в непосредственном контакте на протяжении до 5 лет.

Критерии научного направления:

Положение в сегменте мировой науки: а) совокупный объем публикаций по направлению не ниже 7 публикаций в ведущих научных журналах (входящих в индексы цитирования); б) перекрестное цитирование членов группы не ниже 15% от общего числа цитат; в) защиты кандидатских диссертаций по данному направлению.

Непосредственный контакт: работа в одной организации.

Отличие научной проблемы от существующих в организации ведущих научных школ, научных школ и научных направлений.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Самоопределение ученых: добровольное включение в состав направления.

Наличие единого научного лидера в возрасте до 40 лет.

6) *Поисковая научная группа* – это группа молодых исследователей, занимающихся разработкой новой научной проблемы.

Положение в сегменте мировой науки: а) совокупный объем публикаций по направлению не ниже 5 публикаций в ведущих научных журналах (входящих в индексы цитирования); б) перекрестное цитирование членов группы не ниже 15% от общего числа цитат; в) защиты дипломных работ и проектов, магистерских диссертаций по данному направлению; г) участие членов группы в конкурсах студенческих работ и работ молодых ученых.

Непосредственный контакт: работа в одной организации.

Отличие научной проблемы от существующих в организации ведущих научных школ, научных школ и научных направлений.

Самоопределение ученых: добровольное включение в состав направления.

Наличие единого научного лидера в возрасте до 30 лет.

В соответствии с нормами воспроизводства научных кадров и выделенными критериями научных групп был осуществлен расчет нормативов закрепления молодежи в зависимости от типа научной группы (*табл. 1*). На базе Саратовского государственного социально-экономического университета в 2012 году было проведено пилотное экспериментальное исследование возможности сбора и расчета данных (образцы форм представлены далее).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Таблица 1

Нормативы закрепления молодежи в зависимости от типа научной группы, %

	Доля ученых старше 45 лет	Доля ученых от 35 до 45	Доля ученых от 30 до 35	Доля ученых от 25 до 30	Доля аспирантов	Доля студентов 4-5 курсов и магистрантов	Доля студентов 1-3 курсов
Ведущая научная школа	10-15	15-20	20-25	20-25	25-30	5-10	5
Научная школа	10	15-20	15-25	20-25	25-30	10-15	5
Научное направление		10-15	20-25	25-30	30-35	10-15	5-10
Перспективное научное направление			5-10	10-15	25-30	30-35	20-25
Поисковая научная группа				5-10	10-25	25-50	25-40

Формирование матрицы критериев определения статуса научной группы заключается в следующей последовательности расчетов.

5. Определение критерия оптимальности возрастно-квалификационного состава научной группы.

Для старшей возрастной группы критерий оптимальности ее удельного веса в общей численности:

$$\Delta_{>45} = \left(d^{N}_{>45} - d^{F}_{>45}\right) \geq 0\,; \qquad \text{(В.1.)}$$

Для остальных когорт научной группы:

$$\Delta_{i} = \left(d^{N}_{i} - d^{F}_{i}\right) \leq 0\,. \qquad \text{(В.2.)}$$

Для обобщенной характеристики наличия и статуса научной группы необходима сопоставимость критериев и их интеграция, поэтому при соответствии частных критериев (*Δi*) нормативу или попаданию в допустимый диапазон неравенства, каждому из них присваивается рейтинг *ri*= 1, в противном случае – 0.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Тогда общий критерий соответствия минимально возможному статусу научной группы: $K_{опт} = \sum_{i=1}^{7} r_{\Delta_i} \geq 4$. (В.3.)

6. Определение внутренней связанности научного коллектива (критерия связанности) производится путем вычисления коэффициентов преемственности. Коэффициент преемственности представляет собой долю исследователей конкретного возрастного интервала, ведущих подготовку диссертаций под руководством членной группы старших (или равной) возрастно-квалификационных когорт к общему числу членов научной группы в данном интервале.

$K_{пр} = \frac{S_i^p}{\sum S_i}$, где S_i^p число исследователей, ведущих подготовку / защитивших диссертацию под руководством членов научной группы из числа верхних когорт, $\sum S_i$ - общее число исследователей *i*-той когорты.

Обобщение коэффициентов преемственности в критерий связанности производится по несколько иному механизму, чем для критерия оптимальности.

$$K_{связ} = \sum \left(K_{пр\,i} \right)^{r_{\Delta_i}}, \quad (В.4.)$$

где суммируются взвешенные по критерию оптимальности показатели для всех возрастно-квалификационных когорт за исключением высшей (старше 45 лет).

Таким образом, нормативное значение критерия связанности формируется исходя из заявляемого научной группой статуса. Для ведущей научной школы минимально допустимое значение – 5; для научной школы – минимум 3, для научного направления – 1,5.

7. Критерий уровня публикаций

8. Критерий социтирования и т.д.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Оценка и итоги реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы»: позитивные и негативные аспекты

Данная целевая программа явилась достаточно успешным проектом реализации государственной политики в сфере науки, поскольку была направлена на поддержку симбиоза приоритетов науки и требований рынка. Однако развитие коммерциализации проектов, полученных в ходе реализации ФЦП, не состоялось в силу отсутствия практики постановки на баланс нематериальных активов научными организациями и вузами России, а также сложившейся практики продвижения интеллектуальной продукции.

Исходя из цели и задач программы, стоит отметить, что на практике, особенно в регионах, они не были реализованы в полной мере либо были воплощены лишь частично:

1) «Обеспечение притока молодых специалистов в сферу исследований и разработок, развитие ведущих научных школ» – приток молодых специалистов весьма условен в сектор науки в силу низкой оплаты труда и формального привлечения молодых ученых к реализуемым проектам, что невозможно отследить по контрольно-отчетным показателям, прописанным в рамках ФЦП. До сих пор не разработаны четкие количественные и качественные критерии категории «ведущие научные школы», что затрудняет оценку определения достижения результата.

2) «Содействие развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, их интеграции в систему научно-технической кооперации» – данная задача реализована на базе отдельных научных организаций и ВУЗов России по причине отсутствия установленных правил создания малых форм предприятий при подобного рода организациях, а также сложной процедуре отчуждения имущества либо заключения договорных обязательств в пользу малых форм предприятий при ВУЗах и научных организациях.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

3) «Развитие научной приборной базы конкурентоспособных научных организаций, ведущих фундаментальные и прикладные исследования, а также высших учебных заведений» – данная задача была практически не реализована по причине того, что закупка приборной и сопутствующей базы осуществлялась в рамках 94-ФЗ [1], что требовало большого количества документации при осуществлении закупки и формирования обоснования для покупки конкретных приборов, препаратов, реактивов и т.д. при отсутствии распространенной практики закупки у большинства научных организаций и ВУЗов Российской Федерации из-за длительности и сложности процедурных моментов.

Оценка и итоги реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы: позитивные и негативные аспекты

Рассматриваемая федеральная целевая программа, по мнению экспертов, была реализована достаточно успешно. Показатели, указанные в качестве основных индикаторов эффективности, были реализованы с незначительными отклонениями. Данная программа – один из немногих программных документов, которые были направлены на систематизацию и экстраполяцию лучших практик организации научных проектов и исследований именно российского опыта с применением зарубежного опыта. Но, в первую очередь, мероприятия программы были направлены именно на сохранение того позитивного фундамента, который сформировался в российской науке. Однако стоит отметить, что индикатор программы, обозначенный в категории «важнейшие», – «доля доходов от научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ из всех источников по приоритетным направлениям развития национальных исследовательских университетов в общих доходах национальных исследовательских университетов – 28 процентов», – достигнут не был в силу:

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

1) Отсутствия по результатам реализации большинства проектов в рамках ФЦП нематериальных активов научно-исследовательской направленности, имеющих специальную регистрацию (патенты, свидетельства на авторское изобретение и т.д.), которые были бы в дальнейшем реализованы в реальном секторе экономики, причем не только на территории России, но и иных стран.

2) Отсутствия механизмов оценки нематериальных активов и постановки их на баланс в большинстве государственных академий, включая филиалы и представительства, и ВУЗов России, а также специализированных организаций в регионах, способных дать заключение о стоимости того или иного нематериального актива, разработанного по результатам реализации проектов.

Также следует отметить, что цель и большинство задач ФЦП не были реализованы в запланированном объеме:

1) «Целью Программы является создание условий для эффективного воспроизводства научных и научно-педагогических кадров и закрепления молодежи в сфере науки, образования и высоких технологий, сохранения преемственности поколений в науке и образовании». Цель не была реализована в полном объеме, поскольку цель программы не поддерживалась Министерством образования и науки Российской Федерации в части защиты диссертаций по результатам проектов, опубликования результатов в журналах из Перечня Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации по причине неустойчивости данного перечня (неопределенности необходимости перерегистрации и т.д.). Кроме того, цель не была поддержана ВУЗами, поскольку условия работы в большинстве ВУЗов и государственных академий России не соответствуют международным требованиям, руководство государственных академий и

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

ВУЗов не поддерживают ученых и не стимулируют на реализацию научно-исследовательских проектов, в том числе по ФЦП.

2) «Создание условий для улучшения качественного состава научных и научно-педагогических кадров, эффективной системы мотивации научного труда» – в данной ситуации не понятны критерии качества в отношении состава и критерии эффективности мотивации. Кроме того, на уровне органов исполнительной власти и руководства большинства государственных академий, включая филиалы и представительства, и ВУЗов России не создана система мотивации, основанная на критериях эффективности научной и научно-педагогической работы профессорско-преподавательского состава. Это, во-первых, не формирует единое поле приоритетов в научно-исследовательских проектах и иных формах деятельности, реализация которых необходима в рамках развития отечественной науки; во-вторых, слабо распространяется и экземплифицируется система подсчета эффективности деятельности профессорско-преподавательского состава ВУЗов и организаций государственных академий, включая филиалы и представительства, с учетом региональной специфики.

3) «Создание системы стимулирования притока молодежи в сферу науки, образования и высоких технологий (оборонно-промышленный комплекс, энергетическая, авиационно-космическая, атомная отрасли и иные приоритетные для Российской Федерации высокотехнологичные отрасли промышленности) и закрепления ее в этой сфере» – данная ФЦП, на наш взгляд, не реализовала данную задачу в силу отсутствия материальной поддержки молодых ученых и исследователей на этапе становления их в науке. В большинстве случаев можно зафиксировать моменты формального фиксирования молодых ученых в качестве исполнителей, поэтому они не получают денежные средства по проектам ФЦП либо получают их

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

номинально. Также система материальной поддержки молодых ученых не способствует реализации этой задачи, особенно это проблема остро стоит в гуманитарных и общественных науках.

Проблемы организации процесса подачи заявок, их оценки и экспертизы результатов (характерны в отношении обеих ФЦП):

1) Заявка подается в посредническую организацию, денежные средства на реквизиты органа исполнительной власти, что усложняло процессы уточнения всех моментов реализации проектов со стороны исполнителей, в том числе в части возврата сумм по обеспечения заявки.

2) Информационные потоки в рамках программы были малоэффективны по причине узкой специализации каждого специалиста в организациях и органах государственной власти, обеспечивающих процесс реализации ФЦП. Зафиксированы факты, когда приходилось от 3 до 5 часов звонить по разным телефонам для поиска специалиста, который мог бы дать квалифицированную консультацию по необходимому вопросу.

3) Критерии оценки заявок не были понятны и прозрачны, поэтому значительное количество ученых и исследователей отказывались от подачи заявок в силу нежелания «тратить свое время и усилия на изначально бесперспективные документы с точки зрения поддержки».

4) Отбор экспертов для проведения анализа содержания заявок также был непрозрачен и не регламентировался наукометрическими показателями и мнением экспертного сообщества в той или иной отрасли наук.

5) Технические задания по лотам не учитывали особенности отдельных наук (особенно гуманитарного и общественного блока), поскольку разрабатывались без особых требований к содержательной части в части наличия конкретных результатов, научной новизны, фундаментальности и прикладного характера).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

6) Подготовка конкурсной документации по 94-ФЗ по принципу организации закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд продемонстрировала свою неэффективность, поскольку в рамках закона требуется значительное количество предоставляемой документации и возникают ограничения на использование средств, если были изменены процессы в ходе исполнения научно-исследовательских проектов и т.д.

Стоит также отметить, что присутствие и востребованность результатов исследований, опубликованных в ведущих научных изданиях, не были значительно увеличены в рамках данной ФЦП. Доля организаций и ученых России, зафиксированных в международных и макрорегиональных базах цитирования (Scopus, Web of Science, EBSCO, ChinaKnowledgeResourceIntegratedDatabase, Southwest-GermanUnionCatalogue, GermanNationalSerialsDatabaseи др.), не претерпела значительных позитивных изменений, которые можно было бы связать именно с данной ФЦП, как это фиксируется в отчетах, пресс-релизах и публичных интервью представителей Министерства образования и науки Российской Федерации.

Предложения по совершенствованию механизмов реализации ФЦП

1) Необходимо разведение целевых функций федеральных целевых программ и механизмов грантовой поддержки по критериям их результативности.

2) Ключевым при создании вышеуказанной системы выступает понимание сроков производства фундаментального научного знания, превосходящих 3-хлетний (в рамках которого сейчас идет финансирование по ФЦП) и даже 5-тилетний периоды. Необходимо перейти на 5 и 10-летние государственные контракты с ежегодной отчетности и принятием решения о продолжении финансирования.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

В этих условиях будет повышена стабильность положения научных групп, станет возможным отказ от сметного финансирования фундаментальной науки, обеспечена возможность закрепления в науке молодых ученых и созданы условия для добросовестной конкуренции в сфере науки и технологий.

3) Одним из принципов государственного финансирования сферы науки и техники должен стать принцип одновременной поддержки не менее 3 научных групп, занимающихся поисковыми работами в одной предметной области.

Критерием их отбора может выступить принцип фальсифицируемости их базовых теоретических построений (по К. Попперу). В идеале, исходя из данного принципа, следует поддерживать любую научную группу, в случае если она может обосновать перед экспертным сообществом слабые места альтернативных проектов и предложить собственную методологию поиска. В этом случае будет создаваться подлинная конкуренция результатов, в отличие от доминирующей сейчас конкуренции репутаций.

4) В качестве одного из приоритетов научно-технического развития должно выступать создание лидирующих условий для научного и технического творчества на территории страны.

Существенные шаги в этой сфере уже предпринимаются в виде создания особых зон научной деятельности (Сколково, Новосибирский академгородок, НИУ-ВШЭ и др.), программ привлечения ведущих мировых ученых и возвращения соотечественников, функционирующих по особым институциональным правилам.

Создается Российский индекс научного цитирования, способный стать аналогом ведущих мировых систем научного цитирования, развивается сеть технопарков, бизнес-инкубаторов, центров трансфера технологий и др. элементов инновационной инфраструктуры.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Однако ключевым для выхода на траекторию лидирующего социально-экономического развития и инновационный тип экономического роста выступает создание благоприятной научной среды, способной привлечь и удержать в русскоязычном пространстве ведущих ученых мира.

В этой связи следует дополнить предпринимаемые в настоящее время усилия:

– созданием русскоязычной системы мирового научного цитирования (на базе РИНЦ). Для этого необходимо включение в РИНЦ ведущих мировых журналов и их индексация, а также введение равенства показателей РИНЦ со Scopus и Web of Science при определении перечня ВАК, библиометрических показателей научной деятельности;

– принятием государственной целевой или ведомственной программы на формирование отечественных научных коллективов (создающей новые институциональные формы). Данная программа должна дополнять имеющиеся в настоящее время системы поддержки ведущих научных школ и финансирования научно-образовательных центров и строиться на основе создания межрегиональных научных групп, базирующихся преимущественно в региональных университетах, не входящих в систему научно-исследовательских. За счет такой программы будет создаваться конкуренция существующим научным школам и научно-образовательным центрам;

– созданием и поддержкой полностью двуязычных научных журналов, активно публикующих оригинальные (а не перепечатанные и переведенные) статьи зарубежных ученых;

– внедрением системы поддержки проведения международных научных мероприятий на территории России, сопоставимой с программами, реализуемыми в ЕС;

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

– стимулированием использования российских технологических решений и научных результатов в практике хозяйствования и образовании (за счет налогового стимулирования для первых и адресного увеличения ассигнований для вторых);

– созданием общей индивидуальной научной карточки, интегрирующей в себе все показатели и заявки в различных программах (ОИНКП) с размещением ее в сети Интернет, которая содержала бы в себе информацию о публикациях, выигранных грантах, основных научных результатах полученных преподавателем. Это позволит сделать более прозрачной систему финансирования для всех заинтересованных лиц;

– принятием государственной целевой программы по закупке научного и технологического оборудования с условием обеспечения в среднесрочной перспективе разработки отечественного аналога.

5) Федеральные целевые программы должны быть ориентированы на формирование и институционализацию научных групп в определенных секторах научного поиска, тогда как грантовое финансирование – на поддержку конкурентоспособных исследовательских проектов.

Сегодня конкурсы Российского научного фонда ориентированы на выявление перспективных проектов. В этих условиях необходимо возвращение к идее конкурса в рамках ФЦП «1000 лабораторий», который ориентировался бы на развитие именно новых организационных и поисковых форм научной деятельности. К сожалению, сегодня процесс обновления таких структур для ученых максимально затруднен и, по сути, блокирует выдвижение новых направлений научного поиска и закрепление инновационных форм организации науки.

6) Федеральные целевые программы должны дополнять существующую систему определения приоритетов научно-технологического развития за счет

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

поддержки актуальных междисциплинарных проектов, которые не отмечены как приоритетные.

Это позволит минимизировать потери от ошибки прогнозирования, когда теряются перспективные заделы только потому, что они не были включены в соответствующий научно-технологический прогноз. Тем самым будет создана система оперативного реагирования научно-исследовательских организаций на актуальные проблемные поля, дополняющая принципы директивного планирования научной деятельности, которые де факто реализуются сегодня.

7) Необходимо ввести в обязательные результаты деятельности проектов-победителей ФЦП проведение семинаров и курсов по грантмейкерству, фандрайзингу, технологии получения поддержки в рамках ФЦП и другим механизмам обучения научной работе в новых условиях.

Одной из проблем отечественной науки, особенно в части закрепления молодежи, выступает хронический дефицит знаний о специфике работы, подготовке заявок и другим моментам, связанным с участием в конкурсах в рамках ФЦП. Необходимо комплексно, на систематической основе повышать информированность членов научного сообщества, особенно преподавателей ВУЗов, о существующих грантах и требованиях необходимых для участия в них. Кроме того необходимо проводить методические семинары для студентов старших курсов, магистрантов и аспирантов и молодых преподавателей по грантмейкерству с целью формирования понимания возможностей работы в программно-целевых и грантовых системах для молодых ученых.

8) Предусмотреть для основного коллектива проекта-победителя принятие на основную ставку научных сотрудников в организацию, через которую осуществляется финансирование, при сохранении 0,25 или 0,5 ставки преподавателей (для вузов), и введение 0,5 ставки для работы по проекту для сотрудников научно-исследовательских организаций. Обязать организации,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

через которые осуществляется финансирование, принимать на этих условиях студентов, магистрантов и др. категории молодых ученых.

9) Ввести специальное мероприятие в рамках ФЦП на открытие и обеспечение функционирования специализированных интеграционных электронных площадок по отдельным направлениям исследований.

Такие площадки помогут возникновению самоорганизующихся «научных колледжей» и реальному повышению наукометрических показателей российских ученых.

10) Необходима разработка стабильного (долгосрочного) механизма проведения конкурсов между научными и образовательными учреждениями, ориентированного на выявление перспективных научно-исследовательских организаций.

Существующая система финансирования науки нуждается в усилении системных (синергетических) эффектов, что возможно только при проведении проектно-исследовательской работы, направленной на структурно-функциональный анализ грантовых, программно-целевых и иных форм финансирования с эффективностью научной деятельности. Фундаментальной основой для построения данного механизма может выступать только интеграция психологических и экономических основ функционирования науки.

11) Отказ от организаций-посредников в процессе обеспечения подачи и рассмотрения заявок на участие в ФЦП.

12) Конкретизация критериев оценки содержательного компонента заявок и отбора экспертов для проведения экспертизы в целях понимания приоритетов научного развития и требований к деятельности ученых для направленного развития отечественной науки всеми представителями научного сообщества.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

13) Разработка методических рекомендаций по оценке стоимости нематериальных активов и поддержка в реализации полученных научных результатов, выраженных в конкретных прикладных разработках.

14) Поддержка создания центров по подготовке специализированных кадров для разработки и производства инновационных товаров и оказания услуг, деятельность которых будет ориентирована на создание образовательного кластера, где заказ будет формироваться предприятиями и организации негосударственного сектора экономики.

15) Поддержка и создание целенаправленных программ переподготовки и стажировки профессорско-преподавательского состава на производстве и в других образовательных и научных организациях в целях «обновления» и расширения практического опыта решения ситуационных задач в конкретной деятельности, по которой ведется обучение каждым из преподавателей.

References

1. Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 2005 г. № 94-ФЗ «О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд [Электронный ресурс] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_54598/

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 373.24

Khanova T.G., Soboleva Yu.A., Platova A.G., Odintsova E.V. Use of the project method in environmental education of preschool children

Использование метода проектов в экологическом воспитании дошкольников

Khanova Tatyana Gennadievna,
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Psychology and Pedagogy of Preschool and Primary Education,
Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University
Soboleva Julia Andreevna,
student, Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University
Platova Albina Gennadievna,
Head, MBDOU "Kindergarten No. 319"
Odintsova Elena Vyacheslavovna,
Senior Teacher, MBDOU "Kindergarten No. 319"
Nizhny Novgorod
Ханова Татьяна Геннадьевна,
кандидат педагогических наук, доцент кафедры психологии и педагогики дошкольного и начального образования, Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина
Соболева Юлия Андреевна,
студент, Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина
Платова Альбина Геннадьевна,
заведующий, МБДОУ «Детский сад № 319»
Одинцова Елена Вячеславовна,
старший воспитатель, МБДОУ «Детский сад №319»
Нижний Новгород

Abstract. *The paper considers organizational and pedagogical aspects of the application of the design method in the process of environmental education of preschool children, shows its advantages in comparison with other methods, defines the requirements for its implementation in the educational process of familiarizing children of preschool age with nature.*

Keywords: *didactic game, cognitive-research activity, design method, creative abilities, ecological education.*

Аннотация. *В работе рассмотрены организационно-педагогические аспекты применения проектного метода в процессе экологического образования дошкольников, показаны его преимущества в сравнении другими методами, определены требования к его внедрению в образовательный процесс ознакомления детей дошкольного возраста с природой.*

Ключевые слова: *дидактическая игра, познавательно-исследовательская деятельность, проектный метод, творческие способности, экологическое образование.*

Необходимость экологического воспитания и образования детей дошкольного возраста несомненна. Доказано, что именно дошкольный возраст является фундаментом для формирования первоначальных основ

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

экологической культуры личности. Согласно исследованиям Н.Н. Кондратьевой [2], детям 5-7 лет вполне доступны экологические знания о растениях, животных, человеке, причинно-следственных взаимосвязях и взаимозависимостях в природе, взаимоотношениях человека и природы, многообразии мира природы и др. Освоение таких знаний наиболее продуктивно, согласно исследованиям О.М. Масленниковой, осуществляется в проектной деятельности [4].

Особенностью проектного метода является сотворчество взрослого и ребенка, направленное на решение проблемы, лично значимой для дошкольника. Отметим, что экологический проект представляет собой целенаправленную исследовательскую деятельность по решению поисковых и практических задач экологического воспитания дошкольников. Причем, реализуемые задачи могут быть разного масштаба, поскольку масштаб проекта зависит:

1) от срока проведения проекта: проект может быть, как кратковременным, так и долгосрочным, в зависимости от интересов и способностей детей;

2) от содержания образовательных программ.

Подчеркнем, в основе проектного метода лежит собственная познавательно-исследовательская деятельность дошкольников, в ходе которой происходит освоение и практическое применение новых знаний. Следовательно, ключевая задача организации экологических проектов – это развитие самостоятельности и творчества дошкольника в процессе поиска и освоения элементарных знаний о мире природы. Проектная деятельность стимулирует интерес детей к проблемам окружающей природы, стремление к активной природоохранной деятельности.

Н.Г. Комратовой [1] были сформулированы основные требования к реализации методов проектного метода в дошкольных образовательных

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

организациях. Так, проектная деятельность должна быть направлена на поиск решения проблемы, лежащей в основе проекта. Необходимо помнить, что проект – это «игра всерьез», результаты должны которой быть значимы для детей и взрослых. Следует подчеркнуть, что организовывать проектную деятельность с детьми дошкольниками нужно таким образом, чтобы на первый план выступала детская самостоятельность при непосредственном контроле и поддержке взрослого. Кроме того, педагог должен мотивировать детей на разнообразную на творческую деятельность. В ходе реализации проекта дети должны взаимодействовать, общаться друг с другом. Обязательным требованием при организации метода проекта должно быть получение детьми дошкольного возраста определенных познавательных и творческих навыков, которые дети в дальнейшем смогли бы применить на практике. Деятельность дошкольников необходимо наполнять различными экспериментами, опытами, наблюдениями за объектами живой и неживой природы для поддержания познавательного интереса. Важно, чтобы в группе детского сада были созданы необходимые условия, благоприятный микроклимат для самостоятельного поиска нужной информации. В группе должны создаваться различные по тематике уголки, центры детского экспериментирования, где дошкольники имели бы возможность повторить опыты в свободной нерегламентированной деятельности [6]. Для подведения итогов проектной деятельности могут быть использованы календари погоды и природы, дневники наблюдений. Для изучения интересов детей можно провести предварительное тестирование, что поможет педагогу подобрать нужную информацию, оптимальные методы и приемы. Необходимо заранее продумать, какие методы стимулирования и поощрения активных участников проектов будут использоваться. Важно привлечь родителей к реализации проектов. Вначале педагог должен познакомить родителей с проектной деятельностью, нацелить на совместную деятельность с детьми и педагогом, убедить в необходимости их обязательного

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

участия в проекте, обсудить план мероприятий. Такая предварительная работа способствует привлечению внимания родителей, формированию позиции активного участника данной деятельности. Совместно с детьми взрослые реализуют намеченные задачи, оформляют результаты в виде поделок, альбомов, книжек-самоделок, фотоколлажей, творческих отчетов, что в конечном итоге, позволяет создать оптимальные условия для личностного развития дошкольников.

В исследовании Е. Евдокимовой определены этапы организации проектной деятельности дошкольников [4]. Первый этап она рассматривает как подражательско-исполнительский, он доступен детям среднего дошкольного возраста. На данном этапе проекта дошкольники принимают участие «на второстепенных ролях», поскольку основную роль играет взрослый, а дети выполняют определенные действия по его прямому предложению или путем подражания и повторения. Второй этап предназначен для старших дошкольников, которые уже имеют определенные представления о совместной поисковой деятельности, могут согласовывать действия со сверстниками, распределять обязанности, оказывать взаимопомощь друг другу, самостоятельно выявлять противоречия, способны к объективной оценке своих результатов. Третий этап – творческий, является наиболее сложным и поэтому характерен для реализации с детьми старшей и подготовительной к школе групп. На данном этапе взрослые должны поддерживать творческую активность дошкольников, создавать необходимые условия для самостоятельного целеполагания, отбора необходимых средств и способов реализации проектной деятельности.

В ходе реализации экологического проекта «Встречаем весну» нами были использованы разные виды деятельности детей: чтение художественной литературы (В. Бианки «Синичкин календарь», И. Соколов-Микитов «Звуки Весны» и др.), слушание музыкальных произведений (П. Чайковский «Времена

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

года. Весна», М. Глинка «Жаворонок»), наблюдение на прогулке, посадка лука и корнеплодов, беседы. Однако, большая часть времени отводилась организации непосредственной образовательной деятельности. С дошкольниками были проведены занятия в соответствии с темой проекта, где дети изучали признаки весны, разгадывали загадки, отвечали на вопросы воспитателя, решали логические задачи. Особое место в проектной деятельности отводилось творческой деятельности: рисование, аппликация, лепка, конструирование.

Стоит отметить, что ведущим видом деятельности дошкольников является игра, поэтому в план проектной деятельности был включен ряд дидактических в соответствии с темой проекта, в которых активизировалась умственная деятельность: дети различали растения по существенным признакам, животных по характерным по повадкам, голосам [6]. Дидактические игры способствовали систематизации и обобщению знаний, полученных на занятиях и в свободной деятельности.

Важное место в организации проектной деятельности отводилось работе с родителями [7]. Для родителей были проведены консультации по вопросам ознакомления дошкольников с природой: с какими растениями и животными нужно знакомить детей шести лет, как правильно ухаживать за ними, какие необходимо использовать методы и приемы для успешной работы, как интересно на природе можно провести время весной. Родители вместе с детьми участвовали в изготовление скворечников из разных материалов. Работа завершилась организацией выставки скворечников, презентацией результатов проекта, награждением активных участников.

Таким образом, проектный метод имеет ряд весомых преимуществ в сравнении с традиционными методами экологического воспитания:

1) педагог не сообщает готовые знания, а организует их поиск в творческой познавательной деятельности;

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

2) полученные детьми знания характеризуются большей прочностью и надежностью, поскольку добыты самостоятельно;

3) дошкольники приобретают опыт самостоятельного научного поиска, отбора необходимых средств и методов решения поисковых задач, оценки их результативности;

4) совершенствуются коммуникативные умения детей: договариваться, сотрудничать, высказывать свою точку зрения, прислушиваться к мнению других участников проекта [3];

5) участие в проектной деятельности стимулирует развитие познавательного отношения детей к миру природы;

6) реализация экологического проекта способствует становлению экологической культуры дошкольников.

Итак, реализация экологических проектов при соблюдении ряда педагогических условий нацелена на активизацию познавательно-исследовательской деятельности дошкольников и оптимизацию процесса их экологического образования.

References

1. Комратова Н. Г. Проектная деятельность: культура и экология // Дошкольное воспитание. 2007. № 2. С. 32-39.

2. Кондратьева Н. Н. Программа экологического воспитания детей. Мы. – Азбука экологии. СПб., 2003. 27 с.

3. Курбатова А. С., Ханова Т. Г. Влияние экологического воспитания на духовно-нравственное развитие младших школьников // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 407.

4. Масленникова О. М., Филипенко А.А. Экологические проекты в детском саду: методический материал. Волгоград: Учитель, 2015. 232 с.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

5. Платова А. Г., Ханова Т. Г. Игра как метод экологического воспитания в дошкольном возрасте // Актуальные проблемы дошкольного и начального образования в свете реализации ФГОС: Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Новгород: НГПУ им. К. Минина. 2016. С. 70-73.

6. Платова А. Г., Соболева Ю. А., Ханова Т. Г. Организация экологических пространств в условиях детского сада // Тенденции развития психологии, педагогики и образования: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Казань: ИЦРОН, 2017. С. 13-15.

7. Ханова Т.Г., Платова А.Г., Таранова Т.И. Реализация задач экологического образования детей в процессе сотрудничества педагогов и родителей // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции: в 2-х томах / Гл. ред. О.Н. Широков. Чебоксары: Интерактив плюс, 2016. С. 260-263.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 376

Semenkova E. Pedagogical competence as a backbone in professional activity

Педагогическая компетенция как системообразующая в профессиональной деятельности

Semenkova Elena Aleksandrovna,
State Educational Institution "Auxiliary School No. 24 in the City of Orsha"
Семенкова Елена Александровна,
ГУО «Вспомогательная школа № 24 г.Орши»

Abstract. *In the article is described the modern approaches to the formation of teachers' competence as a system in a professional activity.*

Keywords: *professional competence, methodical competence, pedagogical competence, quality, efficiency, performance.*

Аннотация. *В статье рассматриваются современные подходы к формированию компетентности педагогов как системообразующей в профессиональной деятельности.*

Ключевые слова: *профессиональная компетентность, методическая компетенция, педагогическая компетенция, качество, эффективность, успешность.*

Одной из основных приоритетных задач развития современного мира является, по выражению американского ученого, специалиста в области андрагогики М.Ноулза, «производство компетентных людей – людей, которые были бы способны применять свои знания в изменяющихся условиях, и ...чья основная компетенция заключалась бы в умении включаться в постоянное самообучение на протяжении всей своей жизни».

Компетенции не сводятся ни к знаниям, ни к умениям. Отмечается, что часто можно встретить людей, обладающих обширными знаниями, но не умеющих мобилизовать их в нужный момент, когда представляется возможность. Быть компетентным не означает быть ученым или образованным. Компетенции могут рассматриваться как важный этап конкретизации общих целей образования, позволяющий по-новому попытаться оценить его качество.

Одним из решающих условий модернизации образования, повышения его качества и эффективности является обеспечение образовательного

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

процесса квалифицированными педагогическими кадрами. Современной развивающейся школе нужен образованный специалист, творчески реализующий новые технологии обучения, стабильно добивающийся высоких результатов в своей профессиональной деятельности. Профессиональная компетентность – уровень профессионального мастерства педагога. Овладеть специальностью можно с разной степенью мастерства, т.е. на разном квалификационном уровне. Но к вершинам мастерства можно идти только одним путем: «снизу вверх», от малого к большому, от неумения к умению.

Одной из основных задач в системе специального образования является повышение уровня профессиональной квалификации педагогических кадров с учетом потребностей рынка образовательных услуг и современных подходов к образованию лиц с особенностями психофизического развития с целью внедрения стандартов специального образования, отвечающих требованиям коррекционной и социальной направленности учебного процесса, реализующих компетентностный подход к образованию учащихся с особенностями психофизического развития.

Фундаментальные условия развития профессиональной компетентности:

☐ организационные (структурирование процесса повышения квалификации педагогов в соответствии с наличным уровнем компетентности и на основании осознания ими задач этого уровня;

использование методов активного обучения в органичном сочетании с традиционными формами и методами),

☐ педагогические (наличие программы повышения квалификации педагогов, ориентированной на преимущественное использование активного обучения; содержание повышения квалификации; обеспечение профессионально-ориентированного педагогического взаимодействия в процессе обучения, направленного на осмысление и осознание педагогами личностного смысла повышения квалификации).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Критерии развития профессиональной компетентности педагогов: мотивационно-целеполагающий, аксиологический, когнитивный, операционный, аналитико-рефлексивный, интегративный, индивидуально-творческий. Критерии развития исследуемой компетентности определяются на основе двух параметров – личностного и деятельностного, по которым производится оценка профессиональной компетентности педагогов. Каждый критерий раскрывает система эмпирических показателей. Развитие профессиональной компетентности педагога предполагает изменение значимых его качеств в результате осознанной целенаправленной активности, которое обеспечивает повышение эффективности деятельности. Важнейшим в развитии идеи ключевых компетенций является вопрос оценки их приобретения по качественным и количественным параметрам.

В условиях модернизации специального образования расширяется самостоятельность и ответственность современного учителя, изменяются и усложняются задачи и функции, повышаются требования к профессиональной компетентности, уровень которой отражает соответствующая квалификационная категория, присвоенная в процессе аттестации, что имеет для личности педагога важное социально-профессиональное, профессионально-педагогическое и психологическое значение.

Следует отметить, что для современного педагога характерны постоянное стремление к соответствию квалификационным требованиям, потребность в самореализации на новом, более высоком профессиональном уровне как необходимое условие сохранения и развития профессиональной компетентности и превращения ее во внутреннюю характеристику личности профессионала. Это требует от педагогов как постоянного анализа результатов собственной деятельности, так и способности к профессиональному непрерывному развитию и саморазвитию. Естественно, что успешность педагога напрямую зависит от уровня профессиональной деятельности. От

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

уровня педагогической и методической компетенции учителя зависит его профессиональное мастерство, которое определяет развитие и формирование личности ребенка. Ориентируясь на гуманизацию обучения, на формирование личности, мы должны осознавать, что она непосредственно формируется личностью педагога.

Главная роль в организации эффективного образовательного процесса принадлежит педагогу, который, помимо необходимой профессиональной подготовки по учебному предмету, обладает специальными профессиональными компетенциями учителя детей с особенностями психофизического развития: коррекционно-педагогической (знанием коррекционной педагогики, особенностей детей с интеллектуальной недостаточностью), психологической (знанием специальной психологии, особенностей мышления, памяти, воображения детей с интеллектуальной недостаточностью), социально-педагогической (умением выстраивать гетерогенные взаимоотношения сверстников), коммуникативной (способностью к гуманистическому общению).

В условиях современного научно-технического прогресса закономерно не только увеличение объема информации, но и быстрое обновление научных теорий и способов освоения их практикой, что, естественно, ставит педагога в позицию активной мысле-и практикодеятельности: приобретать, обновлять, корректировать свои профессиональные знания, оттачивать умения, формировать и развивать навыки, наращивать компетентность.

В связи с этим актуальной представляется цель деятельности методической службы по сопровождению личностно-профессионального развития педкадров, тех, от кого непосредственно зависит эффективность и качество решения задач, стоящих перед современной школой.

Повышение уровня профессиональной компетенции педагогов – основа качества учебно-воспитательного процесса. Современному педагогу

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

необходимо уметь идентифицировать себя и место своего предмета в системе образования, его роль в формировании у учащихся учебного и социального опыта, развитии их природных задатков и способностей; уметь ставить близкие и дальние цели, отбирать в соответствии с поставленными целями содержание своего предмета, организовывать практико-ориентированный характер обучения и личностно-ориентированный подход к каждому ученику, оптимально использовать средства, приемы, методы, психо- и здоровьесберегающие технологии, анализировать и корректировать свою деятельность. Получение качественного образования обучающимися – важнейшая государственная задача. Учитель является основным “проводником” получения знаний учениками.

Профессиональная подготовка учителя оказывает существенное влияние на результаты обучения школьников, способствует развитию их интереса к той или иной предметной области. Важным условием повышения качества образования является «выращивание» квалифицированного работника, ответственного, свободно владеющего своей профессией, способного на высоком уровне к эффективной работе по специальности, педагога, который находится в постоянном системном личностно-профессиональном развитии. При таком подходе методическая служба призвана обеспечить процесс становления и развития педагога как «саморазвивающейся личности с инновационным стилем научно-педагогического мышления и компетентностью специалиста».

В структуре профессиональной компетентности педагога выделяют методическую и педагогическую компетенции. Педагогическая компетенция включает в себя умение планировать урок, составлять тематический план, используя учебный материал, умение организовывать учебный процесс с использованием эффективных современных методов, форм работы, обеспечивать взаимодействие «учитель-ученик», «ученик-учитель».

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Методическая компетенция – это свободная ориентация учителя в современных концепциях обучения и воспитания, который в совершенстве владеет разными технологиями образования, варьирует готовыми методиками, дополняя их и вносит в них свои коррективы. Реализация ее осуществляется на основе актуальных научно-теоретических подходов: синергетического, системного, индивидуально-личностного, деятельностного, компетентностного (обусловливающего приоритетное значение в специальном образовании практического опыта, проявляющегося в способности и готовности выпускников действовать в жизненно значимых ситуациях, в овладении конкретными способами деятельности, необходимыми для самостоятельной жизни).

Инновационная деятельность является ресурсом развития профессиональной компетентности педагогов. Одним из важнейших направлений непрерывного

образования педагогических работников системы специального образования является повышение квалификации. Методическая работа в межкурсовой период является неотъемлемой частью системы дополнительного образования педагогов, а ее цель постоянное повышение профессионального мастерства учителей, освоение ими наиболее рациональных методов и приемов обучения и воспитания учащихся с учетом достижений современной педагогической науки и эффективной педагогической практики. Работа над единой методической темой способствует сплочению педагогического коллектива и команды единомышленников, формированию у педагогов взаимоуважения, доверия, взаимоподдержки, создает условия для сотрудничества и сотворчества. В рамках методической работы необходимо проработать вопросы эффективности образовательного процесса, использования различных форм, методов и средств обучения и организации учебной деятельности учащихся с учетом их индивидуальных особенностей и возможностей. На современном этапе к педагогу системы специального образования предъявляются более высокие

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

требования: для осуществления эффективного учебно-воспитательного процесса ему недостаточно знания специфики образовательных программ и владения методикой обучения. Коррекционно-развивающая работа с детьми, имеющими отклонения в развитии и стойкие трудности в обучении, предъявляет особые требования к профессиональной компетентности педагога (как учителя, работающего в классе, так и специалиста, организующего индивидуальные и групповые занятия).

Одним из путей повышения педагогической компетенции учителей является проведение мониторинговых исследований качества обучения учащихся и уровня их воспитанности. При планировании коррекционной работы по результатам проведения мониторинга у учителей формируется умение определять эффективные приемы и методы организации учебной деятельности, осуществлять дифференцированный подход к содержанию учебного материала.

Современная школа испытывает потребность в учителе, не только знающем предмет, способном объяснить новый материал и организовать свой труд, но и умеющем грамотно управлять учебно-познавательной деятельностью учащихся. Под управленческой работой учителя подразумевается непрерывная последовательность действий, осуществляемых субъектом управления, в результате которых формируется и изменяется образ управляемого объекта, устанавливаются цели совместной деятельности, определяются способы их достижения, разделяются работы между ее участниками и интегрируются их усилия. Развитие управленческой составляющей общей компетентности учителя как системообразующей и определяющей результативность и оптимальность деятельности педагога.

Учебно-методическое обеспечение образовательного процесса для детей с особенностями психофизического развития разрабатывается и реализуется в соответствующих компонентах на основе аксиологического, антропоцентрического, компетентностного и других методологических

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

подходов. Методическую работу следует рассматривать как систему управления процессом профессионального и личностного развития педагогических кадров, развертывания творческого потенциала и педагогической индивидуальности каждого педагога. Она призвана создать такие условия, которые бы позволили органически сочетать личные цели профессионального развития педагога с целями развития системы образования. Основанием для такого подхода в методической работе должен стать переход от концепции управления персоналом к концепции управления

человеком, что предполагает наращивание личностного потенциала и выражается в освоении и присвоении педагогами новой системы профессиональных ценностей, формирование личностно-ориентированной педагогической культуры. Важным направлением образовательной практики в настоящее время становится образование взрослых, которое составляет самый быстрорастущий сегмент образовательного рынка. Современные андрагоги рассматривают его в качестве «мэйнстрима», т.е. главного образовательного направления, по отношению к которому первоначально полученное образование трактуется как его основное условие и предпосылка, способного помочь личности самореализоваться в нестабильном социуме, создать условия для саморазвития, самосовершенствования в личностном и профессиональном плане. Основной формой повышения квалификации учителя в межкурсовой период является его самообразование. Смысл самообразования выражается в удовлетворении познавательной активности, растущей потребности педагога в самореализации путем непрерывного образования. Суть самообразования заключается в овладении техникой и культурой умственного труда, в умении преодолевать проблемы самостоятельно работать над собственным совершенствованием, в том числе профессиональным.

Развитие профессиональной деятельности педагога предстает как процесс личностного развития. Развитие же личности стимулирует

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

преобразование профессиональной деятельности, ее качественно новый уровень в свою очередь приводят к дальнейшему личностному росту педагога, т.е. происходит процесс взаимовлияния и взаимообогащения.

Новые социально-экономические условия нашей страны требуют повышения кадрового потенциала на основе модернизации системы непрерывного профессионального образования, ключевой фигурой в которой остается педагог – личность активная, целеустремленная, деятельностно способная, совершенствующая профессиональные качества для решения задач, поставленных перед ней государством и обществом. Этим объясняется факт, что сегодня актуальным является процесс личностно-профессионального развития педагога: как человека, части социума, предметника.

Профессиональная компетентность педагога представляет собой интегральную многоуровневую профессионально значимую характеристику личности и деятельности педагога, опосредующую результативный профессиональный опыт. На их совершенствование и должен быть направлен процесс повышения квалификации.

Анализ положения дел в образовании показывает, что компетентность, высокий профессионализм становятся все более востребованы, хотя еще не стали определяющими для успеха или неуспеха в жизни. Успеху мешает отсутствие компетентности. Успешным современный специалист может считаться в том случае, если у него сформирована профессиональная компетенция. Мастерство учителя – в режиссуре педагогической деятельности, в слове. А еще в том, чтобы сделать все своевременно, не опаздывая и не догоняя. Всему своя очередь. Не растет трава на следующий день после посева, но если не посеять своевременно – не взойдет совсем.

Хочется, чтобы результаты работы по развитию профессиональных компетенций помогли возделать такой образовательный «луг», где будет царить благоприятная среда и для детей, и для учителей. Ибо только счастливый человек

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

может обучить и воспитать счастливого человека. А в личном счастье каждого из нас немаловажную роль играет наш профессиональный успех.

References

1. Глинский, А.А. Приоритетные направления деятельности методиста региональной методической службы //МН.: Пачатковае навучанне, 2010. – № 9. –С. 95.

2. Козырева, О.А. Модель профессиональной компетентности педагога, работающего с детьми, имеющими устойчивые трудности в обучении // М.: Начальная школа плюс ДО и ПОСЛЕ, 2004. – № 12. –С. 68.

3. Маркова, С.А. К вопросу о профессионализме педагога // М.: Воспитание и обучение детей с нарушениями развития, 2006. – № 1. – С.79.

4. Сулейманов, В.З., Шевлякова-Борзенко, И.Л. Самоанализ деятельности учреждения общего среднего образования // Мн.: Веснік адукацыі, 2013. – № 5. –С. 85.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 378

Vovsi - Tillye L.A., Kalashnikova N.A., Mironova D.A. Professionally oriented lexical units for the students of the non-linguistic university

Kalashnikova N.A.,
Senior Lecturer,
Department of Foreign Languages №1,
Plekhanov Russian University of Economics
Mironova D.A.,
PhD, Associate Professor,
Department of Foreign Languages №1
Plekhanov Russian University of Economics
Vovsi - Tillye L.A.,
PhD, Associate Prof.,
Department of Foreign Languages №1
Plekhanov Russian University of Economics

Abstract. *This article deals with the problem of foreign language teaching as a language of professional communication in non-linguistic university. The authors pay great attention to the formation of the professionally-oriented vocabulary. In this connection the authors consider the main principles and basic methods of selecting lexical material which can be used to teach English to students of economic high schools.*

Keywords: *communicative competence, lexical units, learning process, frequency, semantic value, collocations.*

Central to the foreign languages teaching is the formation of the ability to participate in intercultural communication. The applied and practical character (the development of speech skills necessary for communicating with foreign partners, colleagues, reading professional and special literature) is becoming increasingly important.

Formation of the communicative competence of the future specialist that allows to use a foreign language as a means of interpersonal and professional communication is the main task of the process of foreign language teaching in a non-linguistic university. In this regard, in the process of a foreign language teaching at the present stage, special attention is paid to the formation of a certain vocabulary. This peculiarity of training is especially important in the process of foreign language teaching as a language of professional communication in a non-linguistic university.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

One of the primary tasks in teaching students of economic specialties is the assimilation of the meanings and forms of new lexical units, as well as the ability to use them actively in various types of speech activity and communication situations [4]. In modern methods of foreign languages teaching, two types of speech activity are distinguished, namely receptive (conversation and writing) and reproductive (listening and reading). To realize reproductive types of speech activity, students should be able to use the acquired linguistic material in combination with new lexical units, carry out synonymous oppositions; perform the required equivalent substitutions [2]; to be able to use the mechanism of structures distribution and reduction; be adaptable to the individual characteristics of the speaker and have a quick reaction; use new vocabulary correctly taking into account the contemporary language standards and the given situation of communication.

To form receptive types of speech activity, students must have the ability to correlate audiovisual images with the word meaning; to differentiate lexical units according to their similarity in sounding and forms; use word-building, contextual and linguistic guessing; to apply widely the forecasting and perception of professional lexical units. With this approach to learning a foreign language, students build both active and passive dictionaries. In turn, the teacher is required to apply a differentiated approach to the learning process, which implies careful and detailed development of various techniques for explaining and fixing vocabulary, as well as the selection and compilation of various receptive and reproductive lexical exercises and tasks [1].

When developing courses for a foreign language of professional communication and selecting the lexical material, it is necessary to follow the following principles:

- systematic, assuming the inseparable connection of the studied professional language material, taking into account the order of the choice of lexical material, subject matter, lexical, grammatical, stylistic compatibility and relationships of

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

words; as well as an integrated and inextricable link of language material with other professional disciplines;

- frequency, which provides an opportunity to select lexical material related to the most common vocabulary units in a separate source of professional activity or in the given field of activity taken as a whole;

- compatibility, according to which it is necessary to select such lexical units that are capable to provide the greatest number of combinations with other words. The ability to be combined with other units brings the communicative value to the professional vocabulary, which makes it possible to use it in various situations of communicative interaction;

- accessibility, which requires taking into account the characteristics of the trainees, analyzing the level of foreign language knowledge at a particular stage of training, taking into account the specific features of the theoretical and vocational training of each group of trainees;

- communicative practicability.

The selected lexical material must reliably ensure the development of the speech skills and skills required by the curriculum and syllabus; possess high semantic value and focus [3]. Thus, the essence of the vocabulary selection produced for professional purposes is to select set expressions and speech clichés from a variety of words that are part of the vocabulary of the given language, to highlight the very professional part of the language that in its structure and scope corresponds to the purposes and conditions of the given course of the future professional training. The difficulty of using professionally oriented vocabulary by students is not only in the successful digestion of new concepts, but in the knowledge of the scope of the foreign language words and those combinations in which they can enter with other words. Carefully selected vocabulary and proper teaching methods actively influence the mastery of professional vocabulary among learners and ensure the development of speech skills and skills required by the curriculum and syllabus.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

To create a vocabulary of professional lexical units corresponding to the above principles, it is necessary to use three basic methods of lexical selection:

- the frequency of appearance of a lexical unit in professionally oriented texts, both in written and oral form. The frequency is determined on the basis of the statistical analysis of the text material;

-semantic value of a lexical unit, the ability to form collocations and sentences, which is considered to be the basis of the communicative potential. This method of selection implies a comprehensive approach to lexical units as complex phenomena of the lexical level of the language;

- availability and frequency of lexical entry in different dictionaries. The frequency of lexical units is calculated depending on how many dictionaries these units are used in.

It should be noted that the successful implementation of the task of selecting professionally meaningful vocabulary helps to organize the learning process of the foreign language teaching as a language of professional communication, the formation and development of such lexical and communicative skills that would allow building professional contacts in a foreign language [5].

Continuous improvement of professionally-oriented vocabulary requires the choice of the stage of introduction of new words, information about new lexical units, taking into account the difficulties of their digestion. It should be noted that one of the modern trends in the study of new words is the use of them in the context. Separate meanings of words that are absent in their semantic structure and are acquired in the context of special conditions of use, having a transient, inconstant character, appearing at the moment and possible in conditions of only this context, is the most unstable, mobile category that fluctuates in its content, which is not realized in the context of active professional communication. Thus, the choice of lexical material in a non-linguistic university should be carried out taking into account the different principles of teaching, considering certain stages:

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

semantization (meaning awareness) of the lexical units, the automation of lexical units (the formation of lexical skills) and the further development of lexical skills and speaking skills within the framework of a truly informative communication based on selected topics.

References

1. Кардович И.К, Дубова О.Б., Коробова Е.В., Шрамкова Н.Б. Английский язык для слушателей программы профессиональной переподготовки «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации». Москва, 2016
2. Коробова Е.В., Кардович И.К., Дубова О.Б. Влияние социально-экономических условий на методы, подходы и содержание обучения иностранным языкам. В сборнике: Наука и технологии в современном обществе. Материалы IV Международной научно-практической конференции. 2017. С.72-78
3. Обловацкая И.Ф., ADAPTATION AND PRODUCTION AS KEY FACTORS FOR ESP COURSE DESIGN IN TERTIARY EDUCATION. (Адаптация и развитие как основные факторы для создания АСЦ курсов в высшем образовании). Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). 2017. Т8 №1 с.95-101
4. Улитко Е.Н., Организация усвоения лексики на аудиторных занятиях в неязыковых вузах/ сб. статей Международной научно-практической конференции/ Уфа, 2016, стр.102-105
5. Особенности подходов к обучению иностранному языку в неязыковых вузах, Улитко Е.Н, сб. статей Международной научно-практической конференции/ Уфа, 2014, стр. 176-180

SECTION 11. ENERGY TECHNOLOGY

UDC 621.311:637.146

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Ivantsova M.N., Selezneva I.S., Bezmaternykh M.A., Baldin V.Y. Energy saving at the dairy industry enterprises

Энергосбережение на предприятиях молочной промышленности

Ivantsova Maria Nikolaevna
PhD, Associate Professor,
Selezneva Irina Stanislavovna
PhD, Associate Professor,
Bezmaternykh Maxim Alekseevich
PhD, Associate Professor,
Baldin Victor Yurievich
Associate Professor,
Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin
Иванцова Мария Николаевна,
Кандидат химических наук, доцент,
Селезнева Ирина Станиславовна,
Кандидат химических наук, доцент,
Безматерных Максим Алексеевич,
Кандидат химических наук, доцент,
Балдин Виктор Юрьевич
доцент,
Уральский Федеральный Университет имени Первого Президента России Б.Н.Ельцина

Abstract. *The main ways to increase energy efficiency by the example of some dairy enterprises in the Sverdlovsk region were discussed in this article. The relevant technical and economic calculations were carried out, and the efficiency of the proposed measures and the terms of their payback were determined.*

Keywords: *energy saving and energy saving technologies, dairy industry, dairy products, energy efficiency*

Аннотация. *В работе рассмотрены основные пути повышения энергоэффективности на примере некоторых предприятий молочной промышленности Свердловской области. Проведены соответствующие технико-экономические расчеты, определена эффективность предложенных мероприятий и сроки их окупаемости.*

Ключевые слова: *энергосбережение и энергосберегающие технологии, молочная промышленность, молочные продукты, энергоэффективность*

Активное развитие промышленности в России ведет к значительному росту потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Одновременно просматривается тенденция возникновения дефицита энергоресурсов [1]. В связи с этим возникла острая необходимость рационального использования энергоресурсов в промышленности, как крупнейшем потребителе, и интенсификации усилий в области осуществления широкомасштабных

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

энергосберегающих программ во всех без исключения секторах экономики на федеральном, региональном и местном уровнях.

В целях повышения энергетической эффективности экономики в России была разработана Государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» [2]., которая в настоящее время является частью Государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики», которая направлена на обеспечение повышения конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности российской экономики, а также роста уровня и качества жизни населения за счет реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности на основе модернизации, технологического развития и перехода к рациональному и экологически ответственному использованию энергетических ресурсов [3].

Реализация основных задач государственных программ по энергосбережению позволяет снизить себестоимость и поднять экономическую конкурентоспособность промышленной продукции, выпускаемой российскими предприятиями [4].

Наряду с этим разработаны, утверждены, а также готовятся информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям, имеющие межотраслевой («горизонтальный») характер, включающие в себя описание общих подходов и методов повышения энергетической эффективности производства, например, ИТС 48-2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» (опубликован 3 октября 2017 г. [5], а также отраслевые, например, ИТС 45-2017 «Производство напитков, молока и молочной продукции», который должен быть утвержден до конца 2017 г.

Следует отметить, что входящая в состав Государственной программы подпрограмма «Энергосбережение и повышение энергетической

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

эффективности в промышленности» предусматривает проведение комплекса энергосберегающих мероприятий в энергоемких отраслях, в том числе в пищевой промышленности. К этим мероприятиям относятся:

– усовершенствование технологических процессов;

– повышение эффективности систем пароснабжения за счет налаживания учета пара, теплоизоляции паропроводов, арматуры, установки конденсатоотводчиков;

– установка эффективных электродвигателей и оптимизация систем электродвигателей, применение регулируемых электроприводов, что соответствует требованию повышения эффективности использования электрической энергии;

– повышение эффективности систем освещения за счет использования энергоэффективных светильников с электронной пускорегулирующей аппаратурой, введение систем контроля и управления освещением при активизации использования дневного света [2].

В Свердловской области создана комплексная система управления энергосбережением. Получили свое развитие структуры и центры, основная цель деятельности которых реализация конкретных энергосберегающих мер во всех сферах экономической деятельности региона. Губернатор и Правительство Свердловской области проводят последовательную и принципиальную политику энергосбережения [6].

Пищевая промышленность является крупным потребителем тепловой и электрической энергии, воды. Предприятия пищевой промышленности потребляют около 12% энергоресурсов всех промышленных предприятий, причем 70 % из них расходуется непосредственно на технологические процессы. Половина потребляемого предприятиями пищевой промышленности топлива и более трети электроэнергии преобразуется на специальных станциях и установках в энергетический потенциал разнообразных энергоносителей

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

(теплоту пара и горячей воды; энергию сжатого воздуха, кислорода, технического холода и т.п.), применяемых в технологических комплексах предприятий; остальная часть топлива и электроэнергии используется в технологических комплексах непосредственно.

Приготовление и упаковка пищевых продуктов включают различные процессы, большая часть которых требует нагрева или охлаждения.

Молочная промышленность является одной из важнейших отраслей агропромышленного комплекса по обеспечению населения продовольствием. Она представляет собой широко разветвленную сеть перерабатывающих предприятий и включает важнейшие отрасли: цельномолочное производство, маслоделие, сыроделие, производство консервов сгущенных, сухих и кисломолочных продуктов, мороженого и производство продуктов детского питания. Каждая из подотраслей имеет свои специфические особенности.

В настоящее время состояние молочной промышленности характеризуется функционированием предприятий, которые перерабатывают от 3 до 500 т молока за смену.

Промышленная переработка молока – это сложный комплекс взаимосвязанных химических, физико-химических, микробиологических, биохимических, биотехнических, теплофизических и других специфических технологических процессов.

Технологические процессы производства молочных продуктов состоят из отдельных технологических операций, которые выполняются на разных машинах и аппаратах, которые комплектуются в технологические линии.

На предприятиях молочной промышленности множество типичных технологических операций – приемка молока, очистка, тепловая обработка – выполняются с помощью однотипного технологического оборудования, для разных типов производства (см. блок-схему).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Приемка и заготовка сырья ТП 1
Молоко коровье – сырое по ГОСТ Р 52054-2003

Сепарирование ТП 2
Приготовление жировой эмульсии Т = 40 – 45 °С, Р = 10 Мпа

Нормализация ТП 3
М.д.ж. белка в соответствии с ГОСТ Р 52093-2003

Подогрев и очистка ТП 4
Т = (43 ± 2) °С

Подогрев и гомогенизация ТП 5
Т = 45 – 85 °С, Р = (15,0 ± 2,5) МПа

Пастеризация ТП 6
Т = (92 ± 2) °С, $\tau_{выд}$ = 10 – 15 мин, Т = (92 ± 2) °С, $\tau_{выд}$ = 2 – 8 мин.

Охлаждение ТП 7
Т = 18 – 25 °С

Заквашивание и перемешивание ТП 8
$М_{з.грибки}$ = 1 – 3 %, $М_{з.произв.дрожжи}$ = 3 – 5 %, $\tau_{перем.}$ = 10 – 15 мин.

Сквашивание, перемешивание, частичное охлаждение ТП 9
Т = 18 – 25 °С, $\tau_{скв.}$ = 8 – 12 ч, pH = 4,65 – 4,5, К= 85° – 100 °Т

Добавление фруктового джема ТП 10
$Т_{созр.}$ = (14 ± 2) °С, $Т_{созр.}$ = 9 – 13 ч.

Готовый продукт на реализацию

Рисунок 1. Блок-схема производства йогурта резервуарным способом

Энергетические процессы на молокоперерабатывающих предприятиях можно разделить на силовые и тепловые. К *силовым процессам* относятся процессы, на которые расходуется механическая энергия, необходимая для

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

привода различных механизмов и машин (насосов, вентиляторов, компрессоров, подъемно-транспортного оборудования и т.д.). К *тепловым процессам* относятся процессы, расходующие тепло различных потенциалов. На предприятиях используются среднетемпературные, низкотемпературные и криогенные процессы [7].

Производство молочных продуктов является энергоемким производством с высокими удельными расходами электрической и тепловой энергии. Основными видами энергоресурсов, потребляемых этими предприятиями, являются газ, электроэнергия, пар и горячая вода. На молочных заводах наиболее энергоемкими являются процессы обработки оборудования перед использованием и тепловые процессы, связанные с пастеризацией продукта или выдерживания его при определенной температуре (например, производство йогурта, ряженки) [8].

С целью повышения качества выпускаемой продукции и снижения ее энергоемкости на предприятиях молочной промышленности Свердловской области ведутся работы по развитию производства и усовершенствованию технологических процессов. В период 2006-2016 годы было проведено энергетическое обследование ряда заводов для определения эффективности энергоиспользования и выявления резервов энергосбережения. В результате проведенного обследования на предприятиях было установлено превышение фактических расходов теплоэнергии, потребляемой в технологических схемах, над расчетными величинами.

Для устранения выявленных недостатков была запланирована оптимизация системы снабжения технологическими энергоносителями основного производственного оборудования, работы по внедрению энергосберегающих технологий и оборудования, а также предложены мероприятия по экономии энергоресурсов.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

В настоящей работе предлагается и обосновывается ряд энергосберегающих мероприятий на примере ряда предприятий молочной промышленности Свердловской области. Например, замена кожухотрубного теплообменника с мощностью 48,5 кВт на пластинчатый разборный теплообменник с мощностью 32,5 кВт и рекуперацией тепла от 40 % до 60 % (при проведении расчетов принято 50 %) в производстве йогурта. Поскольку оборудование работает непрерывно, то рабочее время теплообменника в год составляет 8160 часов. В результате проведенных расчетов установлено, что экономия электроэнергии при замене оборудования составит 263160 кВт·ч/год, расход тепловой энергии на производстве при этом не изменится. При затратах на реализацию замены кожухотрубного теплообменника на пластинчатый разборный теплообменник 415 тыс. руб. срок простой окупаемости капитальных затрат составит около 5 месяцев. Показано, что предлагаемое энергосберегающее мероприятие обеспечит высокую по своему значению эффективность, которая в денежной форме составит 2,41руб./руб.

На другом молочном заводе на стадии пастеризации нормализованного молока было предложено заменить комбинированную пастеризовочно-охладительную установку типа А1-ОКЛ2Л-5 на менее мощную и высокопроизводительную пластинчатую типа ОГУ-10 [9-10]. При проведении расчетов было показано, что экономия электроэнергии составит 12,50 кВт·ч или 4312,50 кВт·ч/год. Данное энергосберегающее мероприятие обеспечивает среднюю эффективность и является среднезатратным. Срок окупаемости составит 2,8 года.

К основным направлениям энергосберегающих мер в технологическом процессе производства ряженки относятся применение пластинчатых теплообменных установок взамен трубчатых, использование в качестве теплоносителя пароводяной смеси (индивидуального приготовления в системе конвекционный бак – инжектор). Применение пластинчатых теплообменников

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

позволяет охлаждать молоко в аппарате без подвода хладагента и нагревать до температуры 75 ^{0}С без дополнительного теплоносителя – только за счет полного использования регенеративной способности пластинчатого аппарата.

Для сбережения электроэнергии на другом предприятии было предложено заменить сепаратор отечественного производства с частичной пульсирующей центробежной выгрузкой осадка полузакрытого исполнения марки А1-ОЦМ-5 на более прогрессивный сепаратор с самоочищающимся герметичным барабаном фирмы Альфа-Лаваль, тип сепаратора B610HGD-34C. По результатам проведенного анализа был сделан вывод, что годовая экономия электроэнергии от замены сепаратора составит 19,89 МВт·ч, это 42 % от базового потребления электроэнергии.

Результаты расчётов эффективности предложенных энергосберегающих мероприятий для предприятий молочной промышленности представлены в таблице.

Таблица 1

Энергосберегающие мероприятия

Мероприятие	Годовая экономия		Затраты, тыс. руб.	Срок окупаемости
	кВт·ч	тыс. руб.		
Замена кожухотрубного теплообменника на пластинчатый с рекуперацией тепла от 40% до 60%	263160	1000	415	5 месяцев
Замена комбинированной пастеризовочно-охладительную установки типа А1-ОКЛ2Л-5 на пластинчатую типа ОГУ-10	4312,50	12,156	12	1 год
Замена сепаратора марки А1-ОЦМ-5 на сепаратор с самоочищающимся герметичным барабаном фирмы Альфа-Лаваль B610HGD-34C	19890	66,98	200,11	2,8 год

Таким образом, предлагаемые замены морально и физически устаревшего оборудования на современное на предприятиях молочной

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

промышленности дают энергосберегающий эффект, повышают надежность работы технологической схемы, улучшают условия труда обслуживающего персонала и позволяют снизить себестоимость выпускаемой продукции.

References

1. Данилов Н. И. Управление энергоэффективностью в экономике / Н. И. Данилов, Я. М. Щелоков [учебное пособие] ; под общ. ред. докт. экон. н. проф. Н. И. Данилова : в 2-х т. Т. 1. Теоретические основы энергоэффективности. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. 304 с.

2. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года»: утв. Распоряжением Правительства РФ от 27 декабря 2010 г. № 2446-р // "Собрание законодательства РФ", 24.01.2011, N 4, ст. 622.

3. Государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики», утв. Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 321 http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm (дата обращения 20.11.2017)

4. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (принят ГД ФС РФ 11.11.2009). Опубликован 27.11.2009 в «Российской газете» - Федеральный выпуск № 5050.

5. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48-2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности» http://www.gost.ru/wps/portal/pages/directions?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/gost/GOSTRU/directions/ndt/ndt/sprav_NDT_2017 (дата обращения 20.11.2017)

6. Региональная энергетическая комиссия Свердловской области. Официальный сайт http://rek.midural.ru/ (дата обращения 20.11.2017)

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

7. Харитонов В.Д., Евдокимов И.А., Алиева Л.Р. Тенденция развития технологий переработки молока // Молочная промышленность. 2003 № 10. С. 5.

8. Горбатенко Я., Овчинникова М. Особенности и перспективы энергосбережения в молочной промышленности // Молочная промышленность. 2007. № 6. С. 12.

9. http://avangardm.ru/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1 Оборудование для молочной промышленности (дата обращения 20.11.2017)

10. http://protex.ru/pasterizator-universalniy Универсальные пластинчатые пастеризационно-охладительные установки ОГУ (дата обращения 20.11.2017)

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 63

Hlyustov V.K., Yelekesheva M.M. Growth simulation of the dendrometric parameters of mixed white poplar in the floodplains of river Ural

Моделирование хода роста дендрометрических показателей смешанных белотопольников поймы реки Урал

Hlyustov Vitaliy Konstantinovich,
– doctor of agricultural sciences, professor of the «Forestry and melioration landscapes» department
Yelekesheva Mira Manarovna,
– postgraduate student of the «Forestry and melioration landscapes» department
Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev
Хлюстов Виталий Константинович,
– доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и мелиорации ландшафтов
Елекешева Мира Манаровна,
– аспирант кафедры лесоводства и мелиорации ландшафтов
Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А.Тимирязева

Abstract. *We present the results of the analysis of average height and diameter yields of elements of mixed stands growing in the floodplain forests of the West Kazakhstan part of the Ural River catchment area. Site conditions of the study objects are grouped into landscape typology habitats of plants – average levels riparian white poplar stand. The dendrocoenoses elements are made of European white elm, white willow, white and black poplar. This paper also shows multidimensional growth model of the average height and average diameter, that combines the growth function with a binary variable encoding type of tree species. The results clearly show differences in morphometric parameters growth rates and we suggest development of environmental standards for the growth course.*

Keywords: *landscape typology of habitat, Ural riparian woodland, dendrometric characteristics of woodlands, composite forest, simulation study, stand development, growth-curve indexes.*

Аннотация. *Приведены результаты анализа хода роста средней высоты и диаметра элементов смешанных древостоев, произрастающих в пойменных лесах Западно-казахстанской части бассейна реки Урал. Лесорастительные условия объектов исследования классифицируются ландшафтно-типологической группой мест произрастания насаждений – топольники белые средних уровней, прирусловые (ТБСПР). Элементы дендроценозов представлены ивой белой, тополем белым и чёрным. Показаны многомерные уравнения хода роста средней высоты, среднего диаметра, сочетающие ростовую функцию с бинарными переменными, кодирующими вид древесной породы. Выявлены расхождения в темпах роста морфометрических показателей и подготовлены основания для разработки экологических нормативов хода роста.*

Ключевые слова: *ландшафтно-типологическая группа мест произрастания, пойменные насаждения реки Урал, дендрометрические данные насаждений, смешанные древостои, моделирование, ход роста древостоев, индексные кривые роста.*

Введение

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Актуальность исследования определена необходимостью изучения закономерностей роста и продуктивности смешанных древостоев в экологических условиях естественного формирования пойменных насаждений реки Урал. В настоящее время лесное хозяйство Западно-Казахстанской области не располагает необходимыми нормативно-справочными материалами для достоверной оценки хода роста отдельных элементов дендроценоза [1, 2]. И как следствие отсутствует научно обоснованная система оптимизации режима ухода за насаждениями, направленного на повышение экологической устойчивости лесов региона. Только усовершенствование и обновление лесотаксационных нормативов с учетом ландшафтно-экологических условий позволяет решить проблему как текущей инвентаризации лесных насаждений, так и прогнозирования динамики роста древостоев, что является актуальной задачей для объекта исследований как с теоретической, так и с практической точек зрения.

В отличие от принятых в России классификационных схем типов леса и типов лесорастительных условий в Западно-Казахстанской части бассейна реки Урал принята ландшафтно-типологическая классификация мест произрастания насаждений [3]. Поэтому и результаты исследований, полученные по данным с правобережной части бассейна реки на территории Оренбургской области существенным образом, отличаются от наших.

Целью исследования было предусмотрено выявление закономерностей хода роста и продуктивности отдельных элементов дендроценоза в естественно формирующихся смешанных насаждениях ландшафтно-типологической группы – топольники белые средних уровней прирусловые (ТБСПР).

Задачами исследования предусмотрено провести статистическую оценку дендрометрических данных (средних значений высоты и диаметра стволов, совместно произрастающих древесных пород: ивы белой (*Salix alba*), тополя

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

белого (*Populus alba*) и тополя чёрного (*Populus nigra*) в разном возрасте древостоев.

Построить многомерные статистические модели хода роста по средней высоте и диаметру древостоев для конкретной ландшафтно-типологической группы типов леса.

Оценить возможные уровни продуктивности и представить типизацию кривых хода роста по средней высоте и среднему диаметру для каждого элемента дендроценоза.

Методы и материалы

Для решения поставленных задач были использованы данные 16 пробных площадей в ландшафтно-типологической группе типов леса ТБСПР, со сплошным измерением высот и диаметров деревьев в количестве 7230 штук. Наряду с этим, была проведена прицельно измерительная таксация средних высот и средних диаметров стволов деревьев по элементам дендроценоза на 1428 лесотаксационных выделах.

Статистический анализ дендрометрических данных (средних значений высот и диаметров стволов деревьев) у совместно произрастающих конкретных древесных пород предусматривал дать оценку возрастного (по 10-летиям) изменения средних значений высот (H, м) и диаметров (D, см), ошибок и точности их определения ($\pm m_D$,см; $\pm m_H$,м; $\pm P_D$,%; $\pm P_H$%), величины стандартного отклонения (σ_H, м; σ_D, см), размаха варьирования (H_{min}, H_{max}; D_{min}, D_{max}) и коэффициента вариации (V_H,%; V_D,%).

Для построения статистических моделей хода роста смешанных древостоев использован асинхроннодендрологический подход к построению уравнений регрессии, сочетающий синергизм ростовой функции Корсуня-Бакмана и бинарных переменных, кодирующих названия древесных пород, произрастающих в ландшафтно-типологической группе - ТБСПР.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Асинхронность кривых хода роста оценивалась по индексным кривым средней высоты и среднего диаметра древостоев на примере условно принятого базового возраста 30 лет, так как по данным массовой таксации критический возраст насаждений в регионе не превышает 80 лет. Подробно методические решения поставленных задач показаны в монографиях В.К. Хлюстова [4, 5].

Результаты и обсуждение

Перед проведением статистического анализа данных была оценена структура площадей с преобладанием ивы белой (ИВБ), тополя белого (ТБ) и тополя чёрного (ТЧ) в ландшафтно-типологической группе ТБСПР. Ранжирование доли участия древесных пород представлено рядом:
тополь белый - 62%, тополь чёрный - 28%, ива белая - 10%.

Статистический анализ дендрометрических данных, проведённый по десятилетиям свидетельствует о закономерном возрастном изменении как самих статистических показателей, так и ошибок репрезентативности. По всем анализируемым десятилетиям отношение статистического показателя к его ошибке ($t = \text{СП}/\pm m_{\text{СП}}$) значительно больше 3,0, что указывает на достоверность данных для статистического моделирования хода роста элементов дендроценоза.

На этапе построения статистической модели хода роста смешанных древостоев была использована матрица бинарных переменных, кодирующих названия древесных пород при формировании массива данных, представленных блоковыми фиктивными переменными (таблица 1). Синергетическое сочетание блоковых фиктивных переменных с возрастом позволило построить уравнение регрессии по средней высоте (1).

Таблица 1

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Матрица бинарных переменных, кодирующих названия древесных пород при построении уравнений регрессии

Древесная Порода	Блоковые фиктивные переменные	
	X_1	X_2
ИВБ	0	0
ТБ	1	0
ТЧ	0	1

$$H = \exp(-1{,}04863 + 1{,}80119 \ln A - 0{,}20689 \ln^2 A + \\ +\ln A(-0{,}23853X_1 - 0{,}06562X_2) + \\ \ln^2 A(0{,}06385X_1 + +0{,}02665X_2)) \quad (1)$$

$R^2 = 0{,}996;\ SE = 0{,}028;\ F = 956{,}2$ при $P < 0{,}05;\ t > t_{05} = 1{,}96$

Достаточно высокий коэффициент детерминации уравнения (R^2=0,996), значимость численных коэффициентов ($t_{\text{рас}} > t_{05} = 1{,}96$) указывает на статистическую надёжность полученного уравнения хода роста средней высоты из средних значений по массиву данных.

Вместе с тем размах варьирования средних высот с возрастом увеличивается и очень тесно связан с усреднённой линией регрессии, рассчитанной по уравнению (1). Для определения минимальных и максимальных значений средних высот достаточно воспользоваться регрессиями вида:

$$H_{min} = 0{,}3478H_{cp}^{1{,}1124}; R^2 = 0{,}834 \quad (2)$$

$$H_{max} = 2{,}7976H_{cp}^{0{,}7848}; R^2 = 0{,}884 \quad (3)$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Если в 10-летнем возрасте для ивы белой пределы средних высот находятся в диапазоне от 4,6 до 10,9 м, то к 70 годам они уже значительно шире - 12,2 – 21,5 м. Аналогичная закономерность проявляется у всех лесообразующих пород. Нормативная основа для оценки трёх уровней продуктивности (минимального, среднего и максимального) по каждому элементу дендроценоза в условиях ТБСПР представлена в таблице 2.

Для визуализации хода роста по высоте, оценки асинхронности динамических изменений в соответствии с уровнями продуктивности и исходными данными представлен рисунок 1. На нём отчётливо просматриваются различия в темпах роста как по породам, так и по уровням продуктивности.

Таблица 2

Ход роста средних высот элементов дендроценоза в трёх уровнях размаха варьирования

Возраст, лет	Ива белая			Тополь белый			Тополь чёрный		
	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.	макс.
5	2,2	3,7	6,4	1,1	3,0	7,1	1,7	3,6	7,8
10	4,6	7,4	10,9	2,4	6,0	12,3	3,8	7,3	13,7
15	6,6	10,1	13,9	3,6	8,5	16,1	5,6	10,3	17,9
20	8,0	12,1	16,0	4,6	10,5	19,1	7,0	12,6	21,0
25	9,1	13,5	17,5	5,4	12,2	21,5	8,1	14,4	23,3
30	9,9	14,6	18,6	6,1	13,6	23,5	9,1	15,9	25,2
35	10,6	15,5	19,5	6,7	14,9	25,1	9,9	17,2	26,7
40	11,0	16,1	20,1	7,3	15,9	26,6	10,5	18,2	28,0
45	11,4	16,6	20,6	7,8	16,9	27,8	11,1	19,0	29,0
50	11,7	17,0	20,9	8,2	17,7	28,9	11,5	19,7	29,8
55	11,9	17,2	21,2	8,6	18,5	29,8	11,9	20,3	30,5
60	12,0	17,4	21,3	8,9	19,1	30,6	12,2	20,8	31,1
65	12,1	17,6	21,5	9,2	19,7	31,4	12,5	21,2	31,6
70	12,2	17,6	21,5	9,5	20,3	32,0	12,7	21,6	32,0

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

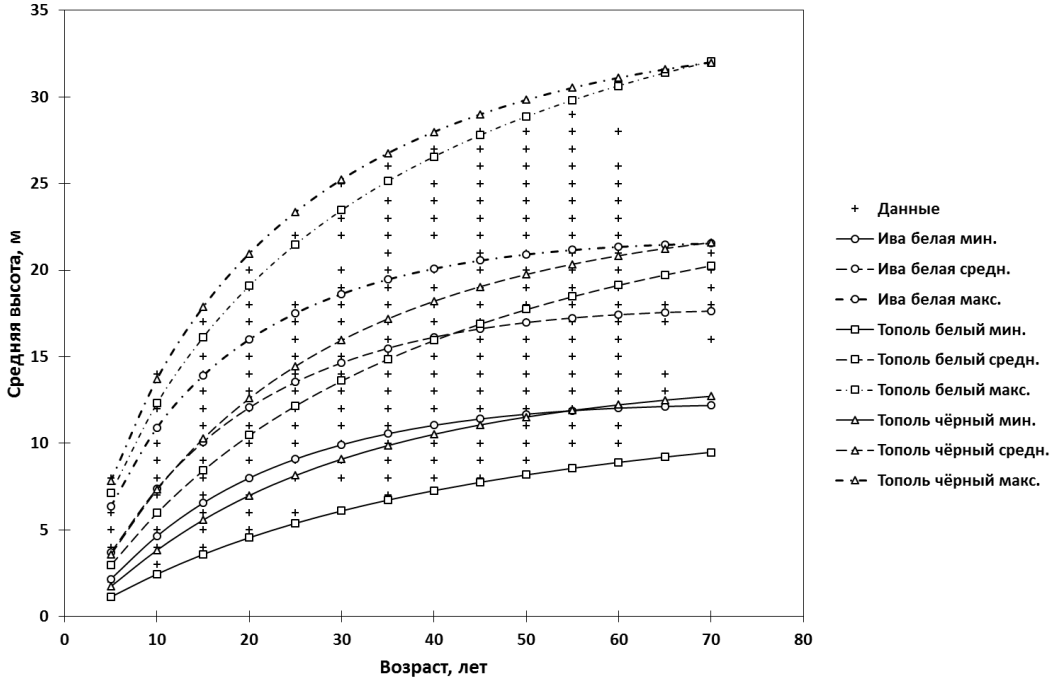


Рисунок 1. Линии регрессии хода роста средних высот элементов дендроценоза в трёх уровнях размаха варьирования

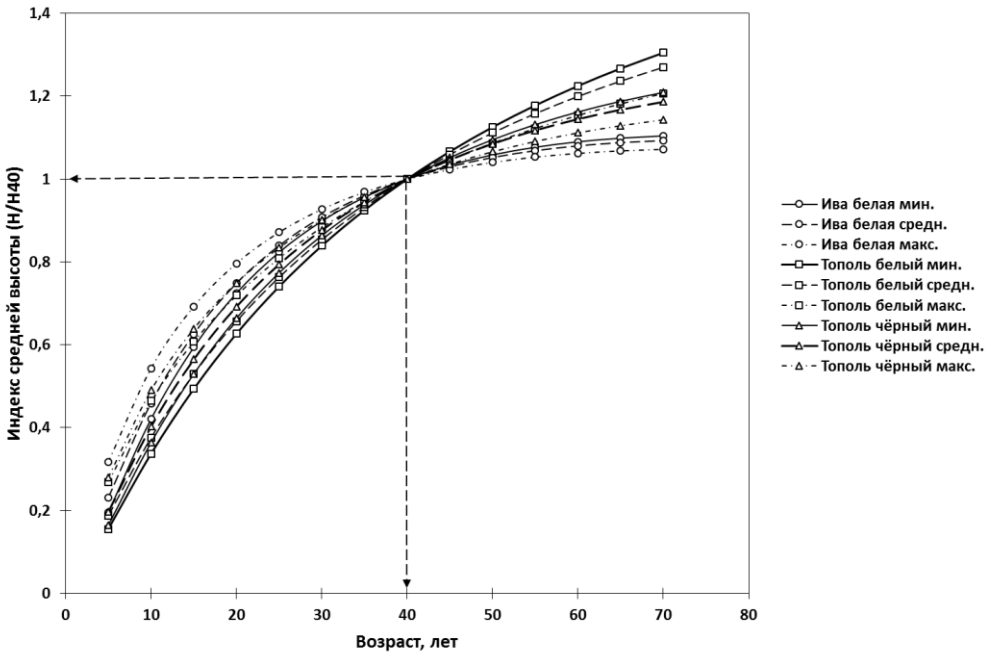


Рисунок 2. Индексные кривые хода роста средних высот в смешанных древостоях ТБСПР

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Асинхронность кривых хода роста подтверждается индексными кривыми средних высот, выраженных в долях высоты в 40 - летнем возрасте (рис.2).

Представленные индексные кривые хода роста по средней высоте элементов дендроценоза в ТБСПР указывают на существенные расхождения в темпах их роста, а также на необходимость составления таблиц хода роста по отдельным древесным породам. При этом в пределах каждой породы следует дифференцировать уровни продуктивности по классам высот с градацией по 1 - или 2 - метровым ступеням в 40-летнем возрасте древостоев. Такой методический приём позволяет получить для каждой ландшафтно-типологической группы леса свою шкалу уровней продуктивности древостоев, а это, в свою очередь, даёт полное основание на отказ от условно принятой бонитетной шкалы и переход на экологически обоснованную лесотипологическую щкалу по классам высот.

Наряду с моделированием закономерностей хода роста по средней высоте, был проведён аналогичный анализ данных по среднему диаметру деревьев каждого элемента дендроценоза. Была получена регрессионная модель хода роста (4).

$$D = \exp(-1{,}38211 + 1{,}72916 \ln A - 0{,}13303 \ln^2 A + +\ln A(-0{,}14671X_1 + 0{,}03750X_2) + \ln^2 A(0{,}036138X_1 + +0{,}01599X_2)) \quad ((4)$$

$$R^2 = 0{,}996;\ SE = 0{,}041;\ F = 901{,}8 \text{ при } \mathrm{P} < 0{,}05;\ t > t_{05} = 1{,}96$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Размах варьирования среднего диаметра определён по аллометрическим уравнениям связи (5) и (6).

$$D_{min} = 0{,}2907 D_{cp}^{1{,}992}\ ; R^2 = 0{,}962 \quad (5)$$

$$D_{max} = 3{,}0888 D_{cp}^{0{,}8026}\ ; R^2 = 978 \quad (6)$$

Довольно высокие статистические характеристики точности уравнений связи указывают на надёжность полученных результатов и линий регрессии хода роста во всём диапазоне опытных данных.

Для составления нормативно-справочных материалов следует воспользоваться затабулированными значениями средних диаметров (табл. 3).

Таблица 3

Ход роста средних диаметров элементов дендроценоза в трёх уровнях размаха варьирования

Возраст, лет	Ива белая			Тополь белый			Тополь чёрный		
	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.	макс.	мин.	средн.	макс.
5	1,2	2,9	5,5	0,7	2,5	6,9	1,0	2,8	6,5
10	3,3	6,6	10,7	1,9	5,7	13,6	2,9	6,6	13,0
15	5,5	10,2	15,1	3,2	9,0	19,4	5,0	10,4	18,6
20	7,7	13,5	18,9	4,6	12,0	24,6	7,1	13,9	23,5
25	9,8	16,5	22,2	6,0	15,0	29,3	9,2	17,3	27,9
30	11,7	19,3	25,1	7,3	17,8	33,6	11,3	20,4	32,0
35	13,6	21,8	27,8	8,7	20,5	37,6	13,3	23,4	35,6
40	15,4	24,2	30,1	10,0	23,0	41,4	15,2	26,2	39,0
45	17,1	26,4	32,3	11,3	25,5	44,9	17,0	28,8	42,1
50	18,7	28,4	34,3	12,5	27,8	48,1	18,8	31,3	45,0
55	20,2	30,3	36,1	13,8	30,1	51,2	20,5	33,7	47,7
60	21,6	32,1	37,8	15,0	32,2	54,2	22,2	36,0	50,3
65	22,9	33,7	39,3	16,1	34,3	56,9	23,8	38,1	52,7

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

70	24,2	35,3	40,8	17,3	36,3	59,6	25,3	40,1	54,9

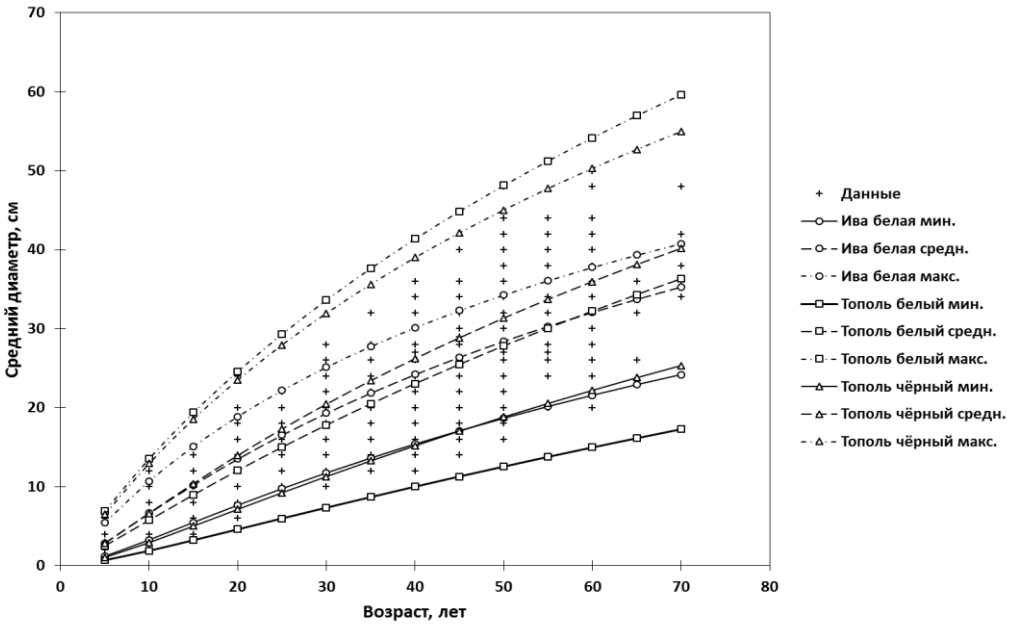


Рисунок 3. Линии регрессии хода роста средних диаметров элементов дендроценоза в трёх уровнях размаха варьирования

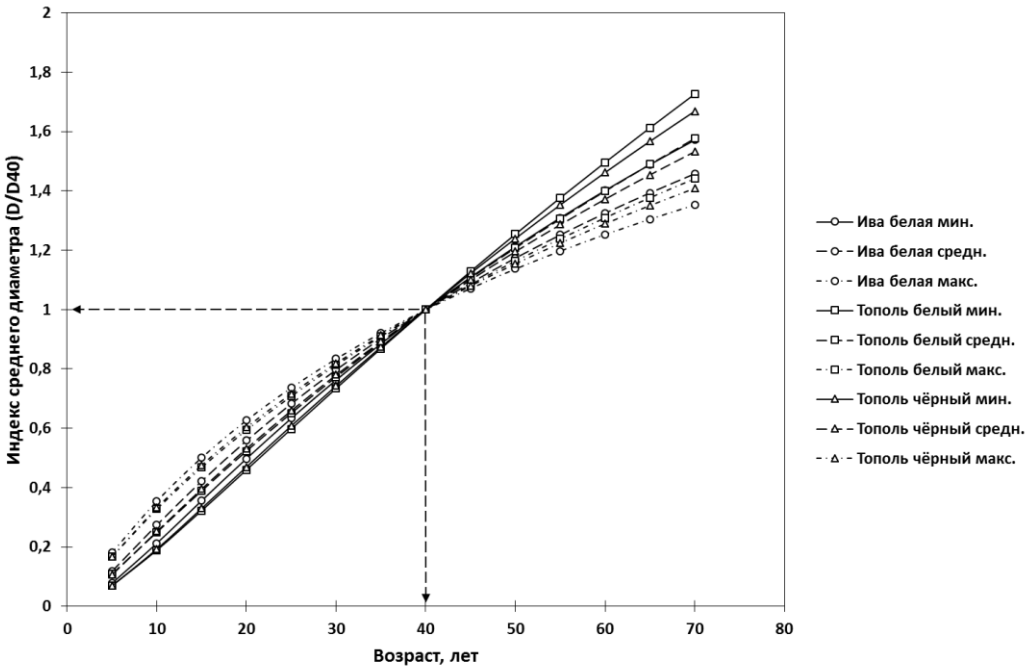


Рисунок 4. Индексные кривые хода роста средних диаметров в смешанных древостоях ТБСПР

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Графическая интерпретация линий регрессии роста всей совокупности элементов дендроценоза указывает на наличие различий как между древесными породами, так и по уровням - $D_{\text{ср}}$, D_{min}, D_{max}, отображающим размах варьирования средних диаметров (рисунок 3). О расхождениях в темпах изменения роста средних диаметров можно судить по индексным кривым, представленным на рисунке 4.

Представленные индексные кривые хода роста по среднему диаметру элементов дендроценоза в ТБСПР указывают на менее существенные расхождения в темпах их роста. И всё же их наличие указывает на необходимость составления таблиц хода роста по отдельным древесным породам с учётом возможного размаха варьирования $D_{\text{ср}}$. При этом для каждой породы следует также задаваться возможными уровнями средней толщины деревьев, как это указано при дифференцировании уровней продуктивности по классам высот. Полагаем, что эти уровни, прежде всего, связаны с густотой древостоев, что в обязательном порядке следует учитывать при составлении лесотаксационных нормативов.

Таким образом, описанные научно-методические решения задач будут полезны составителям современных таблиц хода роста совокупности древостоев, ориентированных на лесотипологические, а не бонитетные классификации.

Выводы

1. Варьирование средних диаметров и средних высот по классам возраста уменьшается от 40-50% в молодняках до 10-20% в спелых древостоях независимо от древесной породы, составляющей древостои в ландшафтно-типологической группе ТБСПР.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

2. Размах варьирования средних высот с возрастом увеличивается и составляет в 70 –летних элементах дендроценоза соответственно: для, ивы белой от 12,2 до 21,5 м, тополя белого -9,5 - 32 м, тополя чёрного – 12,7 - 32 м.

3. Размах варьирования средних диаметров с возрастом увеличивается и составляет в 70 - летних элементах дендроценоза соответственно: для ивы белой от 24,2 до 40,8 см, тополя белого – 17,3 – 59,6 см, тополя чёрного – 25,3 – 54,9 см.

4. Точность определения средних значений, используемых для моделирования хода роста древостоев по десятилетиям не превышает ± 10% как по средним высотам, так и по средним диаметрам.

5. Ход роста таксационных показателей элементов смешанных древостоев успешно описывается асинхроннодендрологическими моделями, сочетающими синергизм возраста в ростовой функции с бинарными переменными, кодирующими вид древесной породы.

6. Существенное расхождение индексных кривых хода роста средних высот связано с видом древесной породы и уровнями её продуктивности.

7. Расхождение индексных кривых хода роста средних диаметров значительно меньше, чем у средних высот и также зависит от древесной породы и размаха варьирования среднего диаметра.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

References

1. Макаренко А.А. Нормативы для таксации лесов Казахстана/ Макаренко А.А. и др.// Алма-Ата, Часть 1 Кн.1. – Изд.-во Кайнар - 1987. С. 237.

2. Макаренко А.А. Сортиментные и товарные таблицы для лесов Казахстана./ Макаренко А.А. и др.// Алма-Ата, - Изд.-во Кайнар - 1981. С. 228.

3. Основные положения организации и развития лесного хозяйства Уральской области.// Алма – Ата - 1992. С. 411.

4. Хлюстов В.К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: Модели – Нормативы – Технологии. Книга 1./Хлюстов В.К.// М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева - 2015. С. 388.

5. Хлюстов В.К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: Модели – Нормативы – Технологии. Книга 2./ Хлюстов В.К.// М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева - 2015. С. 449.

6. Лямеборшай С.Х. Оптимизация выбора породного состава лесных культур по эколого-экономическим показателям.// Лямеборшай С.Х., Хлюстов В.К., Градусов В.М.//Саратов, Вестник Саратовского госаугроуниверситета им. Н.И.Вавилова – 2014, № 1. С. 29 – 33.

7. Грязькин А.В. Особенности структуры древесных ресурсов буковых лесов Северной Осетии./ Грязькин А.В., Тигиев С.Е., Хетагуров Х.М., Базаев А.Б.// Саратов, Вестник Саратовского госаугроуниверситета им. Н.И.Вавилова – 2013, № 09. С. 3 – 7.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 681.515.8:001.891..54

Zakharova O.V. About algorithmic basis of digital regulation

Об алгоритмическом базисе цифрового регулирования

Zakharova Olga Vladimirovna
Ph.D., Associate Professor, Department of Software Engineering,
Orel State University named after I.S. Turgenev
Scientific adviser
Rakov V.I., Doctor of Technical Sciences,
Professor of Department of Software Engineering,
Orel State University named after I.S. Turgenev
Захарова Ольга Владимировна,
Кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии,
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
Научный руководитель
Раков В.И., профессор, д.т.н., профессор кафедры программной инженерии,
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

Abstract. *An attempt is made to evaluate the role of algorithmic tools and create a «prototype» algorithmic basis for organizing digital proportional-integral-differential regulation.*

Keywords: *digital regulator, model, method, technological process, algorithmic support.*

Аннотация. *В работе сделана попытка представления роли алгоритмического инструментария и создания «прототипа» алгоритмического базиса для организации процессов цифрового пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования.*

Ключевые слова: *цифровой регулятор, модель, метод, технологический процесс, алгоритмическое обеспечение.*

АКТУАЛЬНОСТЬ

Под моделированием процесса цифрового пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулирования понимают синтез регулятора, обеспечивающего требуемые динамические характеристики для конкретного класса математических моделей объекта управления. Как правило, целью синтеза регуляторов является установление типажа и настроечных параметров цифрового регулятора, при которых достигаются требуемые статические и динамические характеристики процесса регулирования. Обычно

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

к показателям качества относят точность регулирования, время переходного процесса, фактор перерегулирования и различные оценки изменения (формы кривой) регулируемого параметра. Синтез цифровых регуляторов, обычно, проводится либо аппроксимацией непрерывных регуляторов цифровыми, либо прямыми аналитическими методами.

При этом суть ***аппроксимации непрерывных регуляторов*** заключается в том, что объект регулирования считается непрерывным и синтез регулятора проводится методами подчиненного регулирования или модального управления. Полученный при этом непрерывный регулятор аппроксимируется цифровым. После этого выполняется проверка на устойчивость и качество цифровой системы. Несмотря на то, что такой синтеза цифровых регуляторов, благодаря своей простоте и использованию хорошо известных из теории непрерывных систем методов, находит достаточно широкое применение, его можно отнести лишь к методам предварительного или качественного представления о требуемой структуре цифрового регулятора, поскольку такому синтезу характерны *негативные последствия*, обусловленные использованными методами синтеза непрерывного прототипа регулятора: а) ужесточение требований к параметрам эффективности микроконтроллера (по быстродействию и разрядности представления величин), связанное с необходимостью обеспечения таких периодов дискретности, при которых *свойства цифровой системы были бы эквивалентны свойствам непрерывной*; б) сложности запаздывания, присущего цифровым системам управления; в) возможность получения в некоторых случаях физически нереализуемого регулятора.

Идея синтеза дискретных регуляторов ***прямыми аналитическими методами*** основана на использовании соотношений дискретной передаточной функции (ДПФ) регулятора с требуемыми (желаемыми) ДПФ разомкнутого и замкнутого контура регулирования при условии единичной отрицательной

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

обратной связи. В этом случае учет дискретных свойств системы уже на этапе синтеза позволяет получить законы регулирования, обеспечивающие заданное качество даже при относительно больших периодах дискретности.

Но и этому подходу присущи *негативные последствия*. Такие методики предполагают получение «компенсационных» регуляторов, которые содержат нули и полюсы объекта регулирования, что во многих случаях недопустимо. Кроме того, здесь не учитываются такие специфические свойства цифровых систем, как наличие чистого запаздывания практически во всех компонентах цепи регулирования (в гибридных сигнальных процессорах цифрового регулятора, в интеллектуальных датчиках, в интеллектуальных исполнительных механизмах), что не всегда гарантируется работоспособность и реализуемость полученных таким способом алгоритмов.

Поэтому здесь, как и в предыдущем подходе синтеза посредством аппроксимации непрерывных регуляторов, результаты процесса проектирования цифровых регуляторов могут в большей степени представить собой некоторые предварительные заключения и качественные оценки, а сам процесс проектирования может вызвать потребность неоднократного повторения с более полным учётом особенностей цифрового регулирования.

Даже возможности таких мощных известных коммерческих продуктов по настройке ПИД регуляторов как *Protuner* («*Techmation Inc.*»), *Labview PID Control Toolset* («*National Instruments*»), *Intelligent Tuner* («*Fisher-Rosemount*»), *Profit PID* («*Honeywell*») и *RStune* («*Rockwell Software*»), а так же многих других систем моделирования технологической автоматики [1- 5], не обеспечивают проектировщиков инструментальными средствами реального синтеза *цифровых* регуляторов. Практически всегда не удаётся отслеживать и контролировать требуемую динамику на переходных процессах (в отдельные временные моменты и на конкретных интервалах), довольствуясь достижением

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

неких обобщенных целевых критериев в апертуре отклонений регулируемых параметров.

Прагматически потребность неоднократного повторения процесса проектирования *цифровых* цепей регулирования сводится к корректированию алгоритмов обработки сигналов и данных, включая алгоритмы вычисления и формирования управляющих воздействий для достижения требуемой динамики регулирования.

Это означает, что процессы корректировки фактически являются продолжением синтеза регуляторов как при использовании подхода синтеза посредством аппроксимации непрерывных регуляторов, так и применения подхода синтеза дискретных регуляторов прямыми аналитическими методами.

Другими словами эти дополнительные к синтезу регуляторов процессы корректирования алгоритмов можно считать, с одной стороны, необходимой помощью при проектировании *цифровых* регуляторов, а с другой, – их нельзя не воспринимать важными компонентами и синтеза *цифровых* регуляторов, и обеспечения требуемой динамики регулирования в процессе *функционирования* цепей *цифрового* регулирования.

Таким образом создание алгоритмического базиса цифрового регулирования и методов его формирования является ***актуальным***.

Поскольку в теории управления нет методологии алгоритмической корректировки, то важной ***научной проблемой*** направления по созданию цифровых регуляторов является отсутствие методов и методик по организации алгоритмического базиса цифрового регулирования и его применения как алгоритмического инструментария для достижения требуемой динамики регулирования.

В работе сделана попытка оценки роли алгоритмического инструментария и создания «прототипа» алгоритмического базиса для организации процессов цифрового ПИД регулирования.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

СИСТЕМНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНТУРА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Несмотря на продуктивность идей синтеза цифровых регуляторов посредством отмеченных выше подходов, можно говорить о том, что потребность корректировки алгоритмов обусловлена именно *неадекватностью* этих подходов свойствам и особенностям структуры контура регулирования.

Следуя концепции профессора *В.И. Ракова* (2010, [6]) о системном представлении контура регулирования, можно отметить следующее.

Во-первых, в контуре регулирования как в сложном объекте (рисунок 1) проявляется закономерность целостности (эмерджентности), отражающаяся в соответствующем целевом предназначении или в соответствующей целевой функции. Здесь целостность очевидна хотя бы потому, что свойства контура регулирования не совпадают со свойствами отдельных составляющих его структуры.

Во-вторых, на целостной структуре всегда проявляется системная закономерность интегративности [7] как результат действия некоего «системного механизма», гарантирующего сохранение конкретной целостности и конкретного предназначения контура регулирования как системы, например, в границах структур рисунка 1. Другими словами, требуемый («правильно») синтезированный контур цифрового регулирования (без потребности последующей корректирования алгоритмов) как конкретный целостный объект есть результат того, что сформирован требуемый («правильный») системный механизм интегративности.

Материальность контуров регулирования указывает по меньшей мере на два типа источников, порождающих системный механизм интегративности — это и структура контура регулирования, и структура процесса регулирования, развивающегося в ней. Такое разделение естественно, потому что на одной и той же структуре контура цифрового регулирования можно организовывать различные процессы цифрового регулирования.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

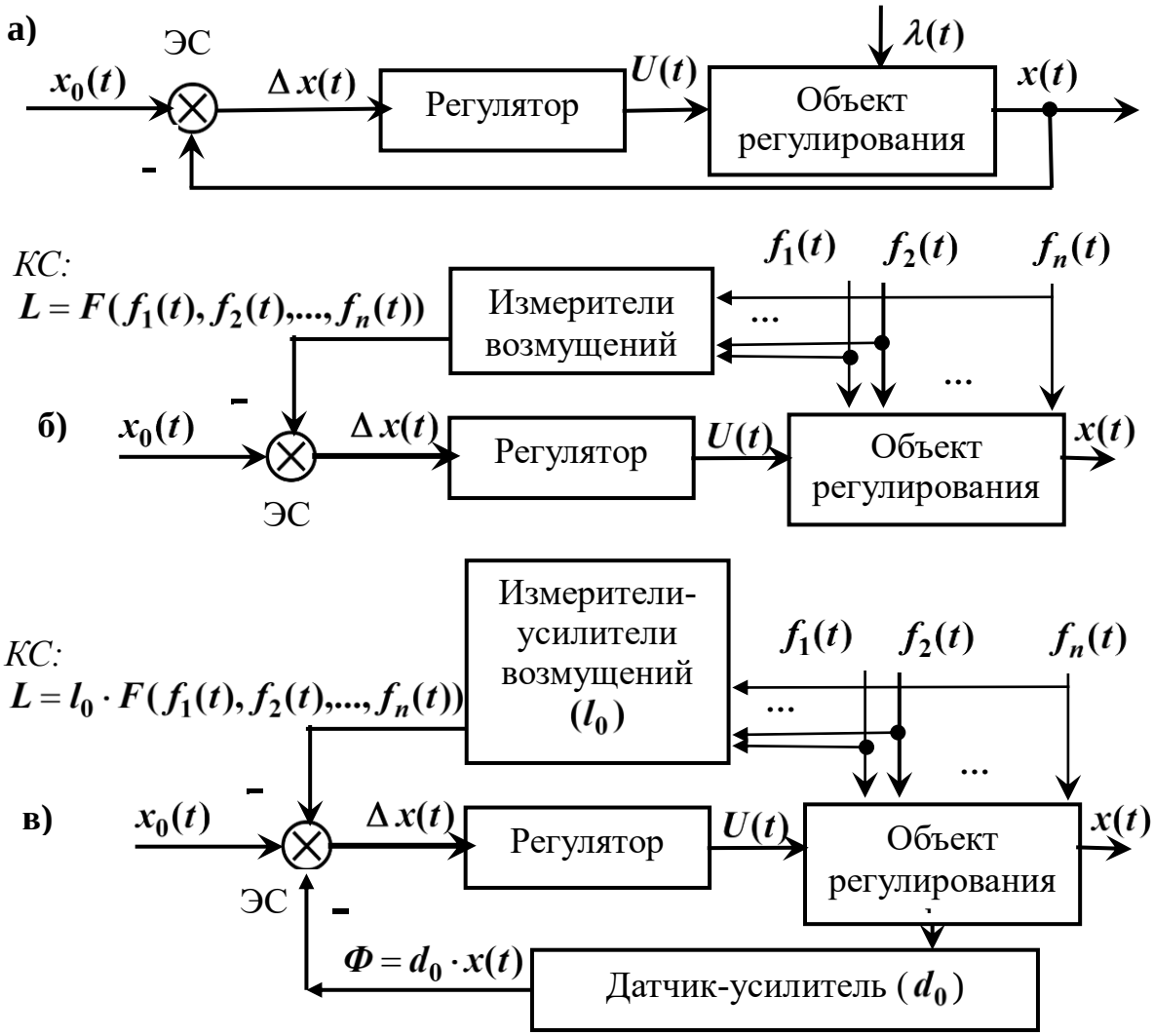


Рисунок 1. Контур регулирования как целостный объект, где:

$x_0(t)$ - задающее воздействие, $\Delta x(t)$ - отклонение (ошибка, рассогласование), $U(t)$ - (компенсирующее) управляющее воздействие, $\lambda(t)$ - возмущающее воздействие, $x(t)$ - регулируемая величина, ЭС – элемент сравнения ($f_1(t)$, $f_2(t)$,..., $f_n(t)$ - внешние возмущающие воздействия;

а – структура замкнутого контура автоматического регулирования с компонентом $\Delta x(t)$, пропорциональным ($x_0(t) - x(t)$);

б - структура разомкнутого контура автоматического регулирования с компонентами: *КС* – компаундирующая связь $L = F(f_1(t), f_2(t),..., f_n)(t))$ как некоторая функция F от возмущений $f_1(t)$, $f_2(t)$,..., $f_n(t)$; $\Delta x(t)$ пропорциональна $x_0(t) - L$;

в – структура комбинированного контура автоматического регулирования, где: l_0, d_0 - коэффициенты усиления/ослабления; $L = l_0 \cdot F(f_1(t), f_2(t),..., f_n(t))$ - некоторая функция F от возмущений $f_1(t)$, $f_2(t)$,..., $f_n(t)$, взвешенная параметром l_0; $\Delta x(t)$ пропорциональна величине:

$x_0(t) - L - \Phi$ ($\Phi = d_0 \cdot x(t)$)

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Более того, в *процессе функционирования* аппаратуры регулирования могут реализовываться различные процессы регулирования в зависимости от реальных обстоятельств цепи регулирования (переменная структура цепи, изменение объекта регулирования, нештатные изменения воздействий среды).

Поэтому системный механизм интегративности может *формироваться*, под влиянием свойств и особенностей элементов и частей контура регулирования и под влиянием компонентов моделирования процесса регулирования для организации планируемых условий функционирования.

Если сформированный подходящим образом системный механизм интегративности обеспечивает требуемое функционирование контура цифрового регулирования, то справедливо и обратное утверждение:

неподходящее функционирование контура цифрового регулирования, то есть функционирование с необходимостью текущей корректирования алгоритмов регулирования, означает определённую дефектность сформированного системного механизма интегративности.

Таким образом целесообразно основываться на том, что ***любое несоответствие целевой функции и потребность корректировки алгоритмов регулирования вызваны нарушениями, «сбоями или отказами» в системном механизме интегративности***.

Тогда можно предложить следующие направления по изменению («исправлению» нарушений) системного механизма интегративности и тем самым осуществления всевозможного корректирования алгоритмов цепей цифрового регулирования:

- ***топологический аспект корректировки***. Изменение воздействием на «топологию» контура цифрового регулирования, а также на свойства и особенности отдельных элементов и частей контура и их структурных сочетаний. В общем сюда можно отнести методики настройки регуляторов; вариации

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

настроечных параметров, как при косвенном регулировании; вариации методов цифрового регулирования;

- ***модельный аспект корректировки***. Изменение воздействием на компоненты моделирования процессов регулирования для организации планируемых условий функционирования и прежде всего моделирования для превентивной оценки реакций объекта управления для формирования «адекватных» (удачных в конкретных условиях) управляющих сигналов. Здесь может оказаться принципиально важным организация моделирования: а) для прогнозирования динамики регулирования и последующего формирования временных ограничений по использованию текущих законов цифрового регулирования; б) для оперативного изменения структуры цепи регулирования по превентивным оценкам реакции объекта регулирования; в) для оперативного изменения процесса регулирования для организации требуемой динамики регулируемого параметра в заданных интервалах переходного процесса.

ФУНКЦИОНАЛ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ КОРРЕКТИРОВКИ

Полагаем, что формальную основу ПИД регулирования образует континуальная модель ПИД регулятора:

$$\boldsymbol{U(t) = k_{П} \cdot \Delta x(t) + k_{И} \cdot \int_{\tau=0}^{\tau=t} \Delta x(\tau) d\tau + k_{Д} \cdot \frac{d\Delta x(t)}{dt}}, \qquad (1)$$

отображающая структуру цепи регулирования (рисунок 2), где: $x_0(t)$ – задающее воздействие; $\Delta x(t)$ – рассогласование в текущий момент (невязка, отклонение, ошибка); $U(t)$ – управляющее воздействие; $\lambda(t)$ – возмущающее воздействие на объект; $x(t)$ – регулируемая величина; ЭС – элемент сравнения ($\Delta x(t)$ - рассогласование, пропорциональное $x_0(t) - x(t)$); $k_{П}$, $k_{И}$ и $k_{Д}$ – настроечные параметры регулятора.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

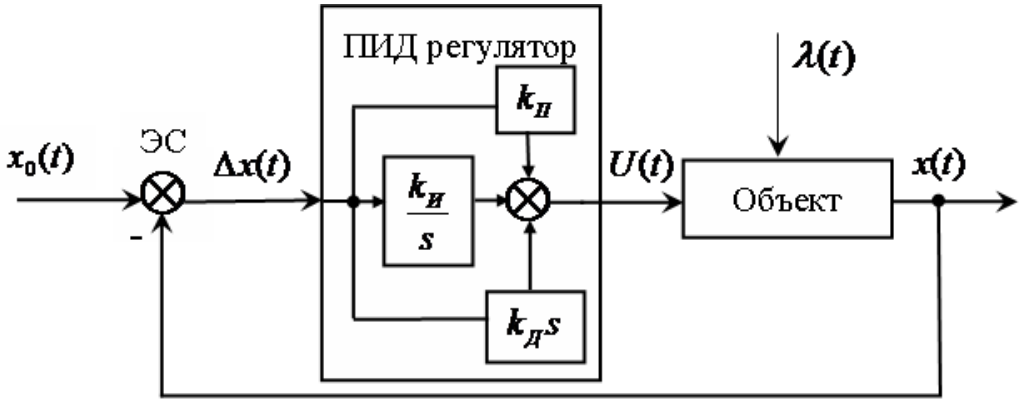


Рисунок 2. Контур автоматического регулирования по отклонению, где $s(\cdot)=\frac{d}{dt}(\cdot)$ – оператор дифференцирования

Введение дискретного времени $t=n\cdot T$ $(n=0,1,2,\ldots)$, дискретных преобразований интегральной ($I=\int\limits_{\tau=0}^{\tau=nT}\Delta x(\tau)\,d\tau$) и дифференциальной ($D=\left.\frac{d\Delta x(t)}{dt}\right|_{t=nT}$) компонентов, соотношение (1) трансформируется в выражение:

$$U(nT)=k_П\cdot\Delta x(nT)+k_И\cdot\int\limits_{\tau=0}^{\tau=nT}\Delta x(\tau)d\tau+k_Д\cdot\left.\frac{d\Delta x(t)}{dt}\right|_{t=nT}. \qquad (2)$$

Топологический аспект корректировки. Соотношение (2) определяет теоретико-множественную модель Ω цепи ПИД регулирования (вычисления управляющего воздействия):

$$\Omega:\quad U(t)=(k_П,k_И,k_Д,I,D). \qquad (3)$$

Для выделения компонентов, посредством которых достигается организация различных процессов цифрового регулирования, используем фигурные скобки «{» и «}», а для отражения соответствующего алгоритмического инструментария – символ « Al » для соответствующей модели Ω_i :

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$Al(\Omega_i). \qquad (4)$$

Например, при организации косвенного регулирования требуемая динамика может достигаться *изменением значений настроечных параметров* $k_П, k_И, k_Д$ по отдельности, что может быть отражено теоретико-множественной моделью косвенного регулирования $\Omega_{кр}$ в виде:

$$\Omega_{кр}: \quad U(nT) = (\{k_П\},\{k_И\},\{k_Д\},\ I\ ,D\ )$$

с соответствующим инструментарием $Al(\Omega_{кр})$

В целом, модель Ω (3) обусловливает обширный «класс» моделей регулирования [8] с соответствующей мощностью множества алгоритмического инструментария. Если учесть, что интегральная компонента может быть представлена в нескольких вариантах, например, представлением по формуле прямоугольников ($I_{пр}$), по формуле трапеций ($I_{тр}$) или по формуле Симпсона ($I_{Сим}$) [8, 9], а дифференциальная компонента, скажем, в классической форме ($D_{кл}$) и некоторой «усреднённой» ($D_у$) (как при построении коэффициентов формулы Рунге-Кутта), то таблица 1 только символически может отразить значительное многообразие (большую мощность) алгоритмических инструментальных средств, необходимую для формирования (вычисления) управляющих воздействий в соответствующих моделях.

Модельный аспект корректировки. Для оценки существа моделирования можно исходить из следующих положений [10].

Во-первых, синтез регуляторов приводит к построению структуры с исходной континуальной математической моделью (Ω_0) процессов регулирования в виде совокупности дифференциальных уравнений:

$$\Omega_0: \qquad \frac{dY_i}{dt} = f_i(Y_1, Y_2, ..., Y_n, X_1, X_2, ..., X_m, t),\ i = 1,2,...,n, \qquad (5)$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

где Y_i – выходные параметры; $X_1, X_2, ..., X_m$ – входные параметры САР, а f_i – функционалы или операторы.

Таблица 1

Многообразие моделей и соответствующего алгоритмического инструментария

Модель	Структура модели	Алгоритмический Инструментарий
$\Omega_{k_П, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П\}, k_И, k_Д,\ I_{пр}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_П, I_{пр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_И, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (k_П, \{k_И\}, k_Д,\ I_{пр}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_И, I_{пр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_Д, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (k_П, k_И, \{k_Д\},\ I_{пр}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_Д, I_{пр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_{П-И}, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П\}, \{k_И\}, k_Д,\ I_{пр}, D_{кл}$	$Al(\Omega_{k_{П-И}, I_{пр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_{П-Д}, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П\}, k_И, \{k_Д\},\ I_{пр}, D_{кл}$	$Al(\Omega_{k_{П-Д}, I_{пр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_{И-Д}, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (k_П, \{k_И\}, \{k_Д\},\ I_{пр}, D_{кл}$	$Al(\Omega_{k_{И-Д}, I_{пр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_{П-И-Д}, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П\}, \{k_И\}, \{k_Д\},\ I_{пр}, D$	$Al(\Omega_{k_{П-И-Д}, I_{пр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_{\{П,И\}}, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П, k_И\}, k_Д,\ I_{пр}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_{\{П-И\}}, I_{пр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_{\{П-Д\}}, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П, k_Д\}, k_И,\ I_{пр}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_{\{П-Д\}}, I_{пр}, D_{кл}})$
...	...	...
$\Omega_{k_{\{П-И-Д\}}, I_{пр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П, k_И, k_Д\},\ I_{пр}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_{\{П-И-Д\}}, I_{пр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_П, I_{тр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П\}, k_И, k_Д,\ I_{тр}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_П, I_{тр}, D_{кл}})$
...	...	...
$\Omega_{k_{\{П-И-Д\}}, I_{тр}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П, k_И, k_Д\},\ I_{тр}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_{\{П-И-Д\}}, I_{тр}, D_{кл}})$
$\Omega_{k_П, I_{Сим}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П\}, k_И, k_Д,\ I_{Сим}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_П, I_{Сим}, D_{кл}})$
...	...	...
$\Omega_{k_{\{П-И-Д\}}, I_{Сим}, D_{кл}}$	$U(nT) = (\{k_П, k_И, k_Д\},\ I_{Сим}, D_{кл})$	$Al(\Omega_{k_{\{П-И-Д\}}, I_{Сим}, D_{кл}}$
...	...	...
$\Omega_{k_П, I_{пр}, D_y}$	$U(nT) = (\{k_П\}, k_И, k_Д,\ I_{пр}, D_y)$	$Al(\Omega_{k_П, I_{пр}, D_y})$
...	...	...

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Модель	Структура модели	Алгоритмический Инструментарий
$\Omega_{k_{\{П-И-Д\}},I_{пр},D_y}$	$U(nT)=(\{k_П,k_И,k_Д\},\ I_{пр},D_y)$	$Al(\Omega_{k_{\{П-И-Д\}},I_{пр},D_y})$
...	...	...
$\Omega_{\{k_П,I_{Сим},D_y\}}$	$U(nT)=(\{k_П,\ I_{Сим},D_y\},k_И,k_Д)$	$Al(\Omega_{\{k_П,I_{Сим},D_y\}})$
...	...	...
$\Omega_{\{k_{\{П-И-Д\}},I_{Сим},D_y\}}$	$U(nT)=(\{k_П,k_И,k_Д,\ I_{Сим},D_y\})$	$Al(\Omega_{\{k_{\{П-И-Д\}},I_{Сим},D_y}$

Переход к дискретному регулированию может трансформировать (5) в систему с временными задержками по аргументам и функциям, отрабатываемую микропроцессорными средствами контура управления, включая элементы цифрового регулятора, интеллектуальных датчиков и интеллектуальных исполнительных механизмов:

$$\frac{dY_i}{dt}=f_i(Y_1,Y_1(t-\tau_1),Y_2,Y_2(t-\tau_2),...,Y_n,Y_n(t-\tau_n),Y_1'(t-\tau_1),Y_2'(t-\tau_2),...,$$
$$Y_n'(t-\tau_n),X_1,X_2,...,X_m,t), \qquad (6)$$

где задержки $\tau_i=\tau_i(t)$ $(i=1,2,...,n)$ могут динамически изменяться во времени хотя бы потому, что практически невозможно задать фиксированное время вычисления формул прогноза (реализации алгоритма решения дифференциальных уравнений), что уже только поэтому сделает функционалы и операторы нелинейными. Переход от (5) к системам типа (6) может означать потерю линейности и стационарности и тем самым не обеспечить требуемую динамику регулируемых параметров, в том числе устойчивость и её требуемый запас.

Во-вторых, как правило, модель Ω_0 соотношения (5) традиционно трансформируется в модель

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$\Omega_1: \qquad Y_i(t)$$

$$= F_i(K_{i0}\cdot\Delta X_{s0},\quad K_{i1}\cdot\Delta X_{s1},\quad \ldots\quad, K_{ik}\cdot\Delta X_{sk})+$$

$$+G_i(L_{i0}\cdot\int_{t_0}^{t}\Delta X_{s0}\,d\tau,\quad L_{i1}\cdot\int_{t_0}^{t}\Delta X_{s1}\,d\tau,\quad \ldots\quad, L_{ik}\cdot\int_{t_0}^{t}\Delta X_{sk}\,d\tau)+$$

$$+H_i(M_{i0}\cdot\frac{d}{dt}\Delta X_{s0},\quad M_{i1}\cdot\frac{d}{dt}\Delta X_{s1},\quad \ldots\quad, M_{ik}\cdot\frac{d}{dt}\Delta X_{sk}), \qquad (7)$$

где: ΔX_{sl} - невязки регулируемых параметров ($l=0,1,\ldots,k\le m;\{X_{sl}\}\subseteq\{X_j\};\ j=0,1,\ldots,m$); K_{il} - масштабирующие коэффициенты пропорциональных невязок; L_{il} - масштабирующие коэффициенты интегральных невязок; M_{il} - масштабирующие коэффициенты дифференциальных невязок (например, при $i=0,1,\ldots,k;\ k\le n$); F_i, G_i, H_i - функционалы «пропорциональных», «интегральных» и «дифференциальных » невязок.

В-третьих, после трансформации Ω_0 в Ω_1 переходят к построению дискретных моделей в виде рекуррентных и разностных соотношений с последующим формированием последовательности *уточняющих* дискретных моделей Ξ_j, которые совместно с математической моделью объекта регулирования связывают регулируемые параметры $X_j((k+1)\cdot t)$ с управляющими $Y_i(r\cdot t), r=0,1,\ldots,k$ и возмущающими воздействиями $\lambda(r\cdot t), r=0,1,\ldots,k$, например, в виде уточняющей модели Ξ_j:

модели Ξ_j:

$$X_j(k\cdot T)=R_{X_j}\big(\ X_j(0), X_j(T),\ldots, X_j((k-1)\cdot T),$$
$$Y_j(k-r)\cdot T), Y_j((k-(r-1))\cdot T),\ldots, Y_j((k-1)\cdot T), \lambda(r\cdot T)\ \big);$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$
\begin{aligned}
Y_j(k\cdot T) = R_{Y_j}\Big(\; & Y_0(0), Y_0(T), \ldots, Y_0((k-1)\cdot T), Y_1(0), Y_1(T), \ldots, Y_1((k-1)\cdot T), \ldots, \\
& Y_{j-1}(0), Y_{j-1}(T), \ldots, Y_{j-1}((k-1)\cdot T),\; Y_j(0), Y_j(T), \ldots, Y_j((k-1)\cdot T), \\
& Y_{j+1}(0), Y_{j+1}(T), \ldots, Y_{j+1}((k-1)\cdot T), \ldots, Y_{m-1}(0), Y_{m-1}(T), \ldots, Y_{m-1}((k-1)\cdot T), \\
& Y_m(0), Y_m(T), \ldots, Y_m((k-1)\cdot T), \Delta X_0(0), \Delta X_0(T), \ldots, \Delta X_0((k-1)\cdot T), \\
& \Delta X_0(k\cdot T), \\
& \Delta X_1(0), \Delta X_1(T), \ldots, \Delta X_1((k-1)\cdot T), \Delta X_1(k\cdot T), \ldots, \\
& \Delta X_{j-1}(0), \Delta X_{j-1}(T), \ldots, \Delta X_{j-1}((k-1)\cdot T), \Delta X_{j-1}(k\cdot T), \Delta X_j(0), \Delta X_j(T), \ldots, \\
& \Delta X_j((k-1)\cdot T), \Delta X_j(k\cdot T), \Delta X_{j+1}(0), \Delta X_{j+1}(T), \ldots, \Delta X_{j+1}((k-1)\cdot T), \\
& \Delta X_{j+1}(k\cdot T), \ldots, \\
& \Delta X_{n-1}(0), \Delta X_{n-1}(T), \ldots, \Delta X_{n-1}((k-1)\cdot T), \Delta X_{n-1}(k\cdot T), \\
& \Delta X_n(0), \Delta X_n(T), \ldots, \Delta X_n((k-1)\cdot T), \Delta X_n(k\cdot T)\;\Big), \qquad (8)
\end{aligned}
$$

где R_{X_j} – функционалы математической модели объекта регулирования и R_{Y_i} – функционалы цепи регулирования.

Основным предназначением алгоритмического инструментария является *оперативное изменение законов регулирования* в процессе функционирования (то есть фактически изменение функционала регулятора) и *оперативное изменения процессов функционирования* цепей регулирования посредством изменения их структуры.

Для этого принципиально важным мероприятием является организация следующих разделов моделирования: а) для прогнозирования динамики регулирования и последующего формирования временных ограничений по использованию текущих законов цифрового регулирования; б) для оперативного изменения структуры цепи регулирования по превентивным оценкам реакции объекта регулирования; в) для оперативного изменения процесса регулирования для организации требуемой динамики регулируемого параметра в заданных интервалах переходного процесса.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Всё это, в свою очередь, предполагает осуществление процессов моделирования по:

1) формированию операторов (f_i) в моделях типа (5) или (6), функционалов F_i, G_i, H_i в моделях (7) или функционалов R_{X_j} и R_{Y_i} в (8);

2) представлению интегральных и дифференциальных компонентов (7):

$$G_i(L_{i0} \cdot \int_{t_0}^{t} \Delta X_{s0} d\tau, L_{i1} \cdot \int_{t_0}^{t} \Delta X_{s1} d\tau, \ldots, L_{ik} \cdot \int_{t_0}^{t} \Delta X_{sk} d\tau);$$

$$H_i(M_{i0} \cdot \frac{d}{dt} \Delta X_{s0}, M_{i1} \cdot \frac{d}{dt} \Delta X_{s1}, \ldots, M_{ik} \cdot \frac{d}{dt} \Delta X_{sk})$$

для их использования в формулах вычисления управляющих воздействий;

3) формированию методов цифрового регулирования и организации совместного использования методов цифрового регулирования для обеспечения требуемой динамики регулируемых параметров;

4) формированию алгоритмов цифрового регулирования;

5) организации требуемого функционирования с определенного момента времени;

6) планированию динамики регулирования на отдельных временных интервалах;

7) заданию, выбору (из некоторой совокупности) или подбору параметров для моделей (5) – (8) при неизменной структуре цепи регулирования, то есть фактически заданию, выбору или подбору операндов континуальных моделей, например, (K_{il}, L_{il}, M_{il}) в (7).

Итак топологический и модельный аспекты корректировки - это значительная совокупность алгоритмических инструментальных средств, необходимых для формирования (вычисления) управляющих воздействий в

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

соответствующих моделях. Поэтому существенное сужение мощности этой совокупности является немаловажной задачей алгоритмизации.

ПРОТОТИП АЛГОРИТМИЧЕСКОГО БАЗИСА

Исходя из того, что использование алгоритмического инструментария должно обеспечить полную «технологическую» готовность процессов регулирования для их реализации в конкретных операционных средах цифровых вычислителей, а также результатов проведённого экспериментирования в конкретных системах моделирования [11-16] по изменению системного механизма интегративности и тем самым осуществления корректирования алгоритмов цепей цифрового регулирования, можно предложить следующий ***алгоритмический базис*** воплощения топологического и модельного аспектов корректировки.

Математические модели цифрового регулирования. Исходными математическими моделями цифрового регулирования являются:

- модель с раскрытием интеграла по формуле прямоугольника (модель прямоугольника):

$$K_0^{пр} = k_П + k_И \cdot T + \frac{k_Д}{T},\ K_{-1}^{пр} = -\left(k_П + \frac{2 \cdot k_Д}{T}\right),\ K_{-2}^{пр} = \frac{k_Д}{T}; \qquad (9)$$

$$U_{пр}(nT)\Big|_{n=0} = k_П \cdot \Delta x(0); \qquad (10)$$

$$U_{пр}(nT)\Big|_{n=1} = K_0^{пр} \cdot \Delta x(T) - K_{-2}^{пр} \cdot \Delta x(0); \qquad (11)$$

$$U_{пр}(nT) = U_{пр}((n-1)T) + K_0^{пр} \cdot \Delta x(nT) +$$

$$+ K_{-1}^{пр} \cdot \Delta x((n-1)T) + K_{-2}^{пр} \cdot \Delta x((n-2)T) \text{ для } n \geq 2; \qquad (12)$$

Если $x(0) = 0$, то $\Delta x(0) = x_0 - x(0) = x_0 - 0 = x_0$.

- модель с представлением интеграла по формуле трапеции (модель трапеции):

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$K_0^{тр} = k_П + \frac{k_И \cdot T}{2} + \frac{k_Д}{T},\ K_{-1}^{тр} = -\left(k_П + \frac{2 \cdot k_Д}{T} - \frac{k_И \cdot T}{2}\right),\ K_{-2}^{тр} = \frac{k_Д}{T} \quad (13)$$

$$U_{тр}(nT)\Big|_{n=0} = k_П \cdot \Delta x(0); \quad (14)$$

$$U_{тр}(nT)\Big|_{n=1} = K_0^{тр} \cdot \Delta x(T) + \left(\frac{k_И \cdot T}{2} - K_{-2}^{тр}\right) \cdot \Delta x(0); \quad (15)$$

$$U_{тр}(nT) = U_{тр}((n-1)T) + K_0^{тр} \cdot \Delta x(nT) +$$

$$+ K_{-1}^{тр} \cdot \Delta x((n-1)T) + K_{-2}^{тр} \cdot \Delta x((n-2)T) \text{ для } n \geq 2. \quad (16)$$

К прецизионными математическими моделями цифрового регулирования можно отнести:

- модель с раскрытием интеграла по формуле Симпсона (модель Симпсона):

$$K_0^{Сим} = k_П + \frac{k_И \cdot T}{3} + \frac{k_Д}{T},\ K_{-1}^{Сим} = \frac{4 \cdot k_И \cdot T}{3} - \frac{k_Д}{T},$$

$$K_{-2}^{Сим} = \frac{k_И \cdot T}{3} - k_П - \frac{k_Д}{T},\ K_{-3}^{Сим} = \frac{k_Д}{T}; \quad (17)$$

$$U_{Сим}(nT)\Big|_{n=0} = U_{Сим}(0) = k_П \cdot \Delta x(0); \quad (18)$$

$$U_{Сим}(nT)\Big|_{n=1} = \left(k_П + \frac{k_И \cdot T}{2} + \frac{k_Д}{T}\right) \cdot \Delta x(T) + \left(\frac{k_И \cdot T}{2} - \frac{k_Д}{T}\right) \cdot \Delta x(0); \quad (19)$$

$$U_{Сим}(2T) = \left(k_П + \frac{k_И \cdot T}{3} + \frac{k_Д}{T}\right) \cdot \Delta x(2T) +$$

$$\left(\frac{k_И \cdot 4T}{3} - \frac{k_Д}{T}\right) \cdot \Delta x(T) + \frac{k_И \cdot T}{3} \cdot \Delta x(0); \quad (20)$$

$$U_{Сим}(nT) = U_{Сим}((n-1)T) + K_0^{Сим} \cdot (x_0(nT) - x(nT)) +$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$+K_{-1}^{Сим}\cdot\Delta x((n-1)T)+K_{-2}^{Сим}\cdot\Delta x((n-2)T)+K_{-3}^{Сим}\cdot\Delta x((n-3)T), \quad (21)$$

$n=2,3,\ldots;$

- модель с представлением интеграла по формуле Симпсона для четных и нечетных шагов (модель Симпсона для четных и нечетных шагов):

$$K_0^{неч}=k_П+\frac{k_И\cdot T}{2}+\frac{k_Д}{T},\ K_{-1}^{неч}=-\left(k_П+\frac{2\cdot k_Д}{T}-\frac{k_И\cdot T}{2}\right),K_{-2}^{неч}=\frac{k_Д}{T}; \quad (22)$$

$$K_0^{четн}=k_П+\frac{k_И\cdot T}{3}+\frac{k_Д}{T},\ K_{-1}^{четн}=\frac{5\cdot k_И\cdot T}{6}-k_П-\frac{2\cdot k_Д}{T},$$

$$K_{-2}^{четн}=\frac{k_Д}{T}-\frac{k_И\cdot T}{6}; \quad (23)$$

$$U_C(nT)\big|_{n=0}=k_П\cdot\Delta x(0); \quad (24)$$

$$U_C(nT)\big|_{n=1}=K_0^{неч}\cdot\Delta x(T)+\left(\frac{k_И\cdot T}{2}-K_{-2}^{неч}\right)\cdot\Delta x(0); \quad (25)$$

$$U_C(nT)\big|_{n=2}=K_0^{четн}\cdot\Delta x(2T)+\left(\frac{4\cdot k_И\cdot T}{3}-\frac{k_Д}{T}\right)\cdot\Delta x(T)+\left(\frac{k_И\cdot T}{3}\right)\Delta x(0); \quad (26)$$

$$U_C(nT)=U_C((n-1)T)+K_0^{неч}\Delta x(nT)+$$

$$+K_{-1}^{неч}\cdot\Delta x((n-1)T)+K_{-2}^{неч}\cdot\Delta x((n-2)T)\ \text{для}\ n=2k+1,\ k=1,2,\ldots; \quad (27)$$

$$U_C(nT)=U_C((n-1)T)+K_0^{C-четн}\Delta x(nT)+$$

$$+K_{-1}^{C-четн}\Delta x((n-1)T)+K_{-2}^{C-четн}\Delta x((n-2)T)\ \text{для}\ n=2k,\ k=2,3,\ldots. \quad (28)$$

Алгоритмы цифрового регулирования. Сформулированные математические модели цифрового регулирования (9) – (28) определяют следующие алгоритмы цифрового регулирования как системные алгоритмические «кирпичики»:

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

1. Алгоритм цифрового регулирования по модели прямоугольника (9)-(12).

2. Алгоритм цифрового регулирования по модели трапеции (13)-(16).

3. Алгоритм цифрового регулирования по модели Симпсона (17)-(21):

1) задание настроечных параметров ($k_П$, $k_И$, $k_Д$) и уставки x_0;

2) вычисление вспомогательных коэффициентов:

$$K_0^{Сим} = k_П + \frac{k_И \cdot T}{3} + \frac{k_Д}{T},\ K_{-1}^{Сим} = \frac{4 \cdot k_И \cdot T}{3} - \frac{k_Д}{T},$$

$$K_{-2}^{Сим} = \frac{k_И \cdot T}{3} - k_П - \frac{k_Д}{T},\ K_{-3}^{Сим} = \frac{k_Д}{T};$$

3) для $n = 0$, то есть момента времени $t = nT = 0 \cdot T = 0$:

3.1) невязка $\Delta x_{Сим}(0) = x_0$;

3.2) вычисление управляющего воздействия: $U_{Сим}(0) = k_П x_0$;

4) для $n = 1$, то есть момента времени $t = nT = 1 \cdot T = T$:

4.1) формирование невязки: $\Delta x_{Сим}(T) = x_0 - x_{Сим}(T)$;

4.2) вычисление управляющего воздействия:

$$U_{Сим}(T) = \left(k_П + \frac{k_И \cdot T}{2} + \frac{k_Д}{T}\right) \cdot \Delta x_{Сим}(T) +$$

$$\left(\frac{k_И \cdot T}{2} - \frac{k_Д}{T}\right) \cdot \Delta x_{Сим}(0);$$

5) для момента времени $t \geq 2T$ ($n \geq 2$):

5.1) для $n = 2$, то есть момента времени $t = 2T$:

5.1.1) вычисление рассогласования: $\Delta x_{Сим}(2T) = x_0 - x_{Сим}(2T)$;

5.1.2) вычисление управляющего воздействия по формуле:

$$U_{Сим}(2T) = K_0^{Сим} \cdot \Delta x(2T) + K_{-1}^{Сим} \cdot \Delta x(T) + K_{-2}^{Сим} \cdot \Delta x(0);$$

5.2) для $n \geq 3$, то есть момента времени $t \geq 3T$:

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

5.2.1) вычисление рассогласования: $\Delta x_{Сим}(nT) = x_0 - x_{Сим}(nT)$;

5.2.2) вычисление управляющего воздействия:

$$U_{Сим}(nT) = U_{Сим}((n-1)T) + K_0^{Сим}(x_0(nT) - x(nT)) +$$

$$+ K_{-1}^{Сим}\Delta x((n-1)\cdot T) + K_{-2}^{Сим}\Delta x((n-2)\cdot T) + K_{-3}^{Сим}\Delta x((n-3)\cdot T)$$

.

Схема алгоритма расчета управляющего воздействия по модели Симпсона представлена на рисунке 3.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

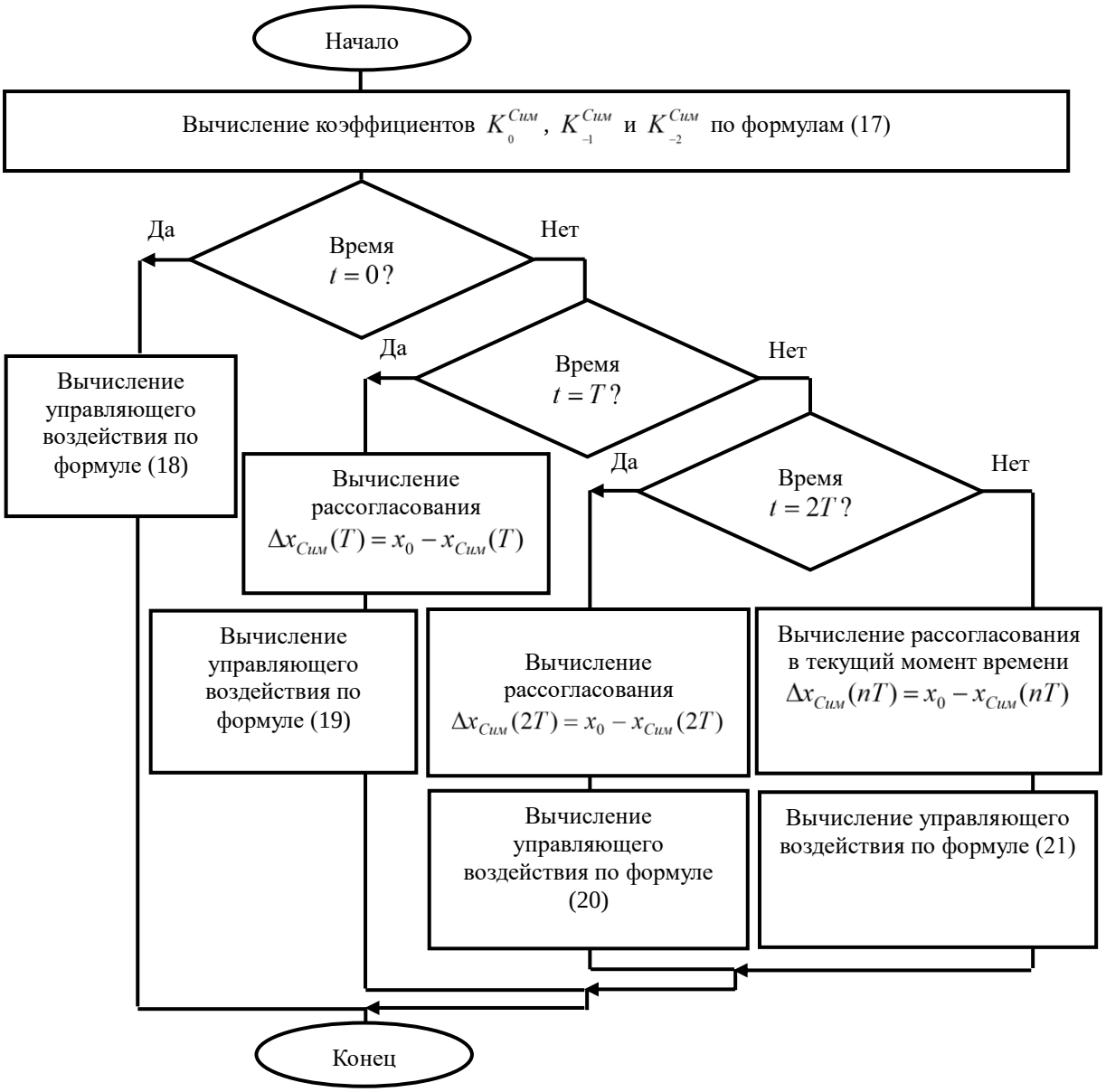


Рисунок 3. Схема алгоритма расчета управляющего воздействия по модели Симпсона

Унифицированный алгоритм цифрового регулирования. Исследование дискретных математических моделей цифрового ПИД регулирования (9)-(28) и соответствующих алгоритмов позволило сформулировать унифицированный алгоритм формирования управляющих воздействий в цифровом ПИД регуляторе:

1) задание настроечных параметров ($k_П$, $k_И$, $k_Д$) и уставки x_0;

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

2) для $n=0$, то есть момента времени $t=nT=0\cdot T=0$ формирование управляющего воздействия по формуле: $U(0)=k_{П}\cdot\Delta x(0)$;

3) для $n=1$, то есть момента времени $t=nT=1\cdot T=T$:

3.1) вычисление значения рассогласования $\Delta x(T)=x_0-x(T)$;

3.2) формирование управляющего воздействия $U(T)$ по заданной формуле;

4) для момента времени $t\geq 2T$ $(n\geq 2)$:

4.1) вычисление значения рассогласования в текущий момент времени по формуле $\Delta x(nT)=x_0-x(nT)$;

4.2) формирование управляющего воздействия $U(nT)$ по заданной формуле, например:

$$U(nT)=U((n-1)T)+K_0\cdot\Delta x(nT)$$

$$+K_{-1}\cdot\Delta x((n-1)T)+K_{-2}\cdot\Delta x((n-2)T).$$

Схема унифицированного алгоритма представлена на рисунке 4.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

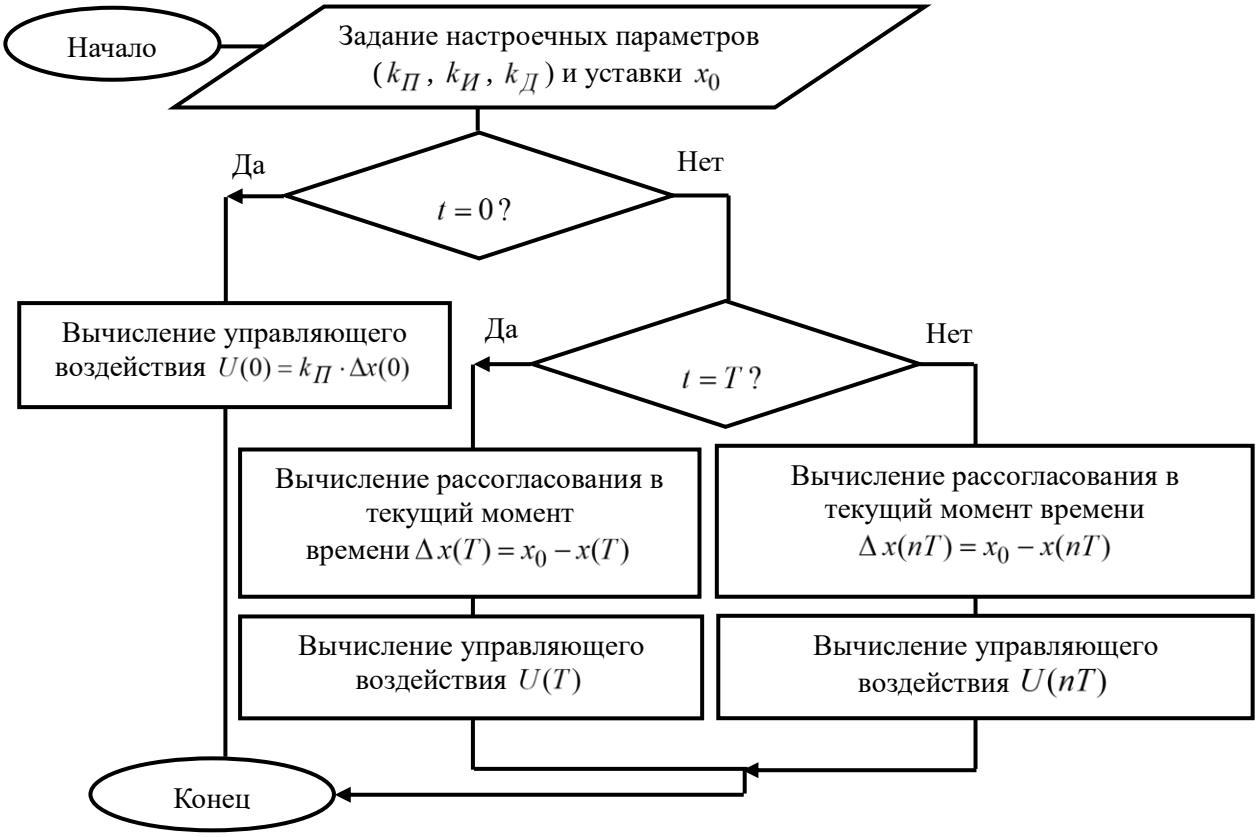


Рисунок 4. Унифицированная схема формирования управляющего воздействия в цифровом регуляторе

Алгоритмы цифрового регулирования с прогнозированием обстановки на шаг вперед. Реализованный унифицированный алгоритм цифрового регулирования в программной системе [16] показал возможность создания алгоритмов дискретного регулирования, которые могут быть использованы в методах регулирования с прогнозированием обстановки на шаг вперед:

1. Алгоритм смешанного цифрового регулирования:

1) выбор набора алгоритмов формирования управляющего воздействия с соответствующими значениями настроечных параметров $k_П$, $k_И$ и $k_Д$:

$$A_1, A_2, ..., A_{k-1}, A_k;$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

2) задание критериев выбора алгоритма из $A_1, A_2, ..., A_{k-1}, A_k$ при совпадении рассогласований, например, при совпадении невязок:

$$|\Delta x_1((n+1)\cdot T)| = |\Delta x_2((n+1)\cdot T)| = ... = |\Delta x_{k-1}((n+1)\cdot T)| = |\Delta x_k((n+1)\cdot T)|$$

выбирается для расчёта управляющих воздействий алгоритм $A_j(j=1, 2, .., k)$;

3) задание уставки $x_0(t)$;

4) для момента времени $t = nT$ $(n = 0, 1, ...)$ вычисляются управляющие воздействия $U_1(nT)$, $U_2(nT)$, ..., $U_{k-1}(nT)$, $U_k(nT)$ по соответствующим алгоритмам $A_1, A_2, ..., A_{k-1}, A_k$, зависящие от параметров итогового процесса

$$U_{см}((n-1)T),\ \Delta x_{см}(nT),\ \Delta x_{см}((n-1)T),\ \Delta x_{см}((n-2)T), ...:$$

$$U_1(nT, U_{см}((n-1)\cdot T), \Delta x_{см}(nT), \Delta x_{см}((n-1)\cdot T), \Delta x_{см}((n-2)\cdot T), ...), ...,$$

$$U_2(nT, U_{см}((n-1)\cdot T), \Delta x_{см}(nT), \Delta x_{см}((n-1)\cdot T), \Delta x_{см}((n-2)\cdot T), ...),$$

$$...,$$

$$U_{k-1}(nT, U_{см}((n-1)\cdot T), \Delta x_{см}(nT), \Delta x_{см}((n-1)\cdot T), \Delta x_{см}((n-2)\cdot T), ...),$$

$$U_k(nT, U_{см}((n-1)\cdot T), \Delta x_{см}(nT), \Delta x_{см}((n-1)\cdot T), \Delta x_{см}((n-2)\cdot T), ...);$$

5) для момента времени $t = (n+1)\cdot T$ моделируются реакции объекта управления $x_1((n+1)\cdot T), x_2((n+1)\cdot T), ..., x_{k-1}((n+1)\cdot T), x_k((n+1)\cdot T)$:

$$x_1((n+1)\cdot T, U_1(nT), x_{см}(nT), ...),$$

$$x_2((n+1)\cdot T, U_2(nT), x_{см}(nT), ...), ...,$$

$$x_{k-1}((n+1)\cdot T, U_{k-1}(nT), x_{см}(nT), ...),$$

$$x_k((n+1)\cdot T, U_k(nT), x_{см}(nT), ...);$$

6) для момента времени $t = (n+1)\cdot T$ вычисляются рассогласования $\Delta x_1((n+1)\cdot T), \Delta x_2((n+1)\cdot T), ..., \Delta x_{k-1}((n+1)\cdot T), \Delta x_k((n+1)\cdot T)$:

$$\Delta x_1((n+1)\cdot T, x_1((n+1)\cdot T), x_0),$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$\Delta x_2((n+1)\cdot T,\ x_2((n+1)\cdot T),\ x_0),\ \ldots,$$

$$\Delta x_{k-1}((n+1)\cdot T,\ x_{k-1}((n+1)\cdot T),\ x_0),$$

$$\Delta x_k((n+1)\cdot T,\ x_k((n+1)\cdot T),\ x_0);$$

7) вычисляется минимальное абсолютное значение рассогласования в момент времени $t=(n+1)\cdot T$ с учетом критерия выбора пункта 2:

$$\Delta x_{\min,\,см}((n+1)\cdot T)=$$

$$=\min\left\{\left|\Delta x_1((n+1)\cdot T)\right|,\left|\Delta x_2((n+1)\cdot T)\right|,\ldots,\left|\Delta x_{k-1}((n+1)\cdot T)\right|,\left|\Delta x_k((n+1)\cdot T)\right|\right\}$$

;

8) выбирается наилучшее управляющее воздействие $U_{см}(nT)$:

$U_{см}(nT)=U_i(nT)$ при $\Delta x_{\min,\,см}((n+1)T)=\Delta x_i((n+1)T)$ ($i=1,2,\ldots,k$).

2. Алгоритм «оптимального» цифрового регулирования

1) выбор алгоритмов формирования управляющего воздействия:

$$A_1,A_2,\ldots,A_{k-1},A_k;$$

2) задание уставки $x_0(t)$;

3) определение критериев выбора алгоритма из $A_1,A_2,\ldots,A_{k-1},A_k$ аналогично смешанному регулированию;

4) для момента времени $t=nT$ ($n=0,1,\ldots$) вычисляются управляющие воздействия $U_1(nT),U_2(nT),\ldots,U_{k-1}(nT),U_k(nT)$ по соответствующим алгоритмам $A_1,A_2,\ldots,A_{k-1},A_k$,каждое из которых зависит от параметров своего процесса:

$$U_1(nT,U_1((n-1)\cdot T),\Delta x_1(nT),\Delta x_1((n-1)\cdot T),\Delta x_1((n-2)\cdot T)),$$

$$U_2(nT,U_2((n-1)\cdot T),\Delta x_2(nT),\Delta x_2((n-1)\cdot T),\Delta x_2((n-2)\cdot T)),$$

$$\ldots,$$

$$U_{k-1}(nT,U_{k-1}((n-1)\cdot T),\Delta x_{k-1}(nT),\Delta x_{k-1}((n-1)\cdot T),\Delta x_{k-1}((n-2)\cdot T))$$

,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$U_k(nT, U_k((n-1)\cdot T), \Delta x_k(nT), \Delta x_k((n-1)\cdot T), \Delta x_k((n-2)\cdot T));$$

5) проводится моделирование реакции объекта управления $x_1((n+1)\cdot T), x_2((n+1)\cdot T), ..., x_{k-1}((n+1)\cdot T), x_k((n+1)\cdot T)$ в момент времени $t=(n+1)\cdot T$:

$$x_1((n+1)\cdot T, U_1(nT), x_{опт}(nT), ...),$$

$$x_2((n+1)\cdot T, U_2(nT), x_{опт}(nT), ...), ...,$$

$$x_{k-1}((n+1)\cdot T, U_{k-1}(nT), x_{опт}(nT), ...),$$

$$x_k((n+1)\cdot T, U_k(nT), x_{опт}(nT), ...);$$

6) вычисление рассогласований $\Delta x_1((n+1)\cdot T), \Delta x_2((n+1)\cdot T), ...,$ $\Delta x_{k-1}((n+1)\cdot T), \Delta x_k((n+1)\cdot T)$:

$$\Delta x_1((n+1)\cdot T, x_1((n+1)\cdot T), x_0),$$

$$\Delta x_2((n+1)\cdot T, x_2((n+1)\cdot T), x_0), ...,$$

$$\Delta x_{k-1}((n+1)\cdot T, x_{k-1}((n+1)\cdot T), x_0),$$

$$\Delta x_k((n+1)\cdot T, x_k((n+1)\cdot T), x_0).$$

7) задаётся критерий выбора моделей при совпадении рассогласований, например, при совпадении невязок:

$$|\Delta x_1((n+1)\cdot T)| = |\Delta x_2((n+1)\cdot T)| = ... = |\Delta x_{k-1}((n+1)\cdot T)| = |\Delta x_k((n+1)\cdot T)|$$

выбирается для расчёта управляющего воздействия алгоритм $A_j (j=1, 2, .., k)$;

8) осуществляется вычисление итогового управляющего воздействия $U_{опт}(nT)$ по выбранному алгоритму из $A_1, A_2, ..., A_{k-1}, A_k$.

Алгоритм цифрового регулирования с заданием интервалов:

1) выбор дискретных математических моделей цифрового регулирования с соответствующими значениями настроечных параметров $k_П$, $k_И$ и $k_Д$: $M_1, M_2, ..., M_{k-1}, M_k$;

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

2) задание начальной математической модели цифрового управления:

$$M_{нач} = M_1 \,|\, M_2 \,|\, ... \,|\, M_{k-1} \,|\, M_k \,;$$

3) задание метода $M_{кор}$ (например, методы оптимального и смешанного регулирования), шага N и длительности M корректировки модели цифрового регулирования;

4) задание уставки x_0;

5) для момента времени $t = nT$ $(n = 0, 1, ...)$ вычисляем управляющее воздействие $U_{тек}(nT)$:

5.1) для $n < N$: $U_{тек}(nT) = M_{нач}$;

5.2) для $k \cdot N \le n < k \cdot N + M$ $(k = 1, 2, ...)$: $U_{тек}(nT) = M_{кор}$;

5.3) для $k \cdot N + M \le n < (k+1) \cdot N$ $(k = 1, 2, ...)$:

$$U_{тек}(nT) = M_{тек} = M_1 \,|\, M_2 \,|\, ... \,|\, M_{k-1} \,|\, M_k \,,$$

где $M_{тек}$ – математическая модель цифрового регулирования, выбранная на шаге $k \cdot N + M - 1$ $(k = 1, 2, ...)$.

Алгоритмы модельного аспекта корректировки. Сформулированные ранее процессы моделирования по соотношениям (5) – (8) определяют достаточно понятные алгоритмы цифрового регулирования как системные алгоритмические «кирпичики»: 1) формирования функционалов F, G, H : для реализации необходимы инструменты: задания масштабирующих коэффициентов K_l, L_l, M_l невязок Δx_l; формирования функционалов «пропорциональных», «интегральных» и «дифференциальных» невязок F, G, H ; 2) формального представления интегральных и дифференциальных компонентов; 3) формирования алгоритмов цифрового регулирования; 4) формирования методов цифрового регулирования и организации совместного использования методов цифрового регулирования для обеспечения требуемой

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

динамики регулируемых параметров; 5) организации требуемого функционирования с определенного момента времени; 6) планирования динамики регулирования на отдельных временных интервалах; 7) задание, выбор (из некоторой совокупности) или подбор параметров для моделей при неизменной структуре цепи регулирования, то есть фактически задание, выбор или подбор операндов континуальной модели, например, (K_l, L_l, M_l).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлена роль алгоритмического инструментария и предложена совокупность алгоритмов («прототип» алгоритмического базиса) для организации процессов цифрового пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования.

Показано, что процессы корректировки алгоритмов фактически являются продолжением синтеза регуляторов как при использовании подхода синтеза посредством аппроксимации непрерывных регуляторов, так и применения подхода синтеза дискретных регуляторов прямыми аналитическими методами.

Сделано предположение о том, что любое несоответствие целевой функции и потребность корректировки алгоритмов регулирования вызваны нарушениями в системном механизме интегративности контура регулирования.

Предложены два направления по изменению системного механизма интегративности и тем самым осуществлению процессов корректирования алгоритмов цепей цифрового регулирования: 1) топологический аспект корректировки как изменение воздействием на «топологию» контура цифрового регулирования, и свойства, и особенности отдельных элементов и частей контура и их структурных сочетаний; 2) модельный аспект корректировки как изменение воздействием на компоненты моделирования процессов регулирования для организации планируемых условий функционирования.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Предложены алгоритмы цифрового регулирования на основе системного подхода, отличающиеся тем, что формирование управляющих воздействий в контуре ПИД регулирования проводится с предварительным прогнозированием динамики цифрового регулирования и формирования временных ограничений по использованию текущих законов регулирования.

Предложена новая организация процессов вычисления управляющих воздействий на основе алгоритмов цифрового регулирования, отличающаяся возможностью оперативного изменения структуры законов регулирования по превентивным оценкам реакции объекта регулирования.

Работа выполнена в научно-исследовательской лаборатории профессора В.И. Ракова (НИЛ вычислительных средств робототехники ОГУ имени И.С. Тургенева) по тематике 2016 года.

References

1. Гусев Н.В. *MexBIOS* – среда разработки современных систем управления электроприводов / Н.В. Гусев, С.Н. Кладиев, Г.В. Родионов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 59–65.

2. *Siemens AG: STEP 7-Micro/WIN* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: *http://w3.siemens.com/mcms/simatic-controller-software/en/step7/step7-micro-win/Pages/Default.aspx* (дата обращения 15.11.2017).

3. *Atollic: Atollic TrueSTUDIO* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: *http://atollic.com* (дата обращения 15.11.2017).

4. *Texas Instruments Incorporated: Code Composer Studio* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: *http://www.ti.com/tool/ccstudio* (дата обращения 15.11.2017).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

5. *Microchip Technology Inc.: MPLAB* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: *http://www.microchip.com/mplab/mplab-x-ide* (дата обращения 15.11.2017).

6. Раков В.И. Заметка о частных моделях контура управления при обеспечении требуемого функционирования//Промышленные АСУ и контроллеры, 2010. - № 11. – С. 7-20. - ISSN 1561-1531.

7. Волкова В.Н. Теория систем: Уч. Пособие/ В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Высш. шк., 2006. – 511 с.

8. *Zakharova O.V. About new models and methods of organizing digital regulation / O.V. Zakharova // International Conference on Globalization, Enterprises, Management and Economic Development, October* 31 *th*, 2017. – *United States, Los Gatos: Scientific public organization "Professional science"*. – С. 70-95.

9. Раков В.И., Захарова О.В. Моделирование цифровых регуляторов: монография. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2014. – 128 с.

10. *Rakov V.I. About the problem of correction of digital regulation algorithms / V.I. Rakov, O.V. Zakharova, P.B. Korolev // Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications*: сборник трудов 9-ой IEEE Международной конференции (в 2 т. Том 2), 21-23 сентября 2017 г., Румыния, Бухарест. – Украина, Тернополь : Тернопольский 232ациональный экономический университет. – С. 596-601.

11. Захарова О.В. Программа моделирования алгоритмов регулирования: АСНИ токового контура / Захарова О.В., Гребенников А.С., Раков В.И. // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2016661031, 2016.

12. Сычев С.В. Программа моделирования процессов регулирования для исследования предаварийных состояний цифрового контурного регулятора /

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Сычев С.В., Захарова О.В., Раков В.И. // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015616824, 2015.

13. Захарова, О.В. Программа оперативной оценки динамики ПИД регулирования / О.В. Захарова, А.Е. Ястребков, В.И. Раков // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2014615387, 2014.

14. Королев П.Б. Программа автоматического выбора алгоритма ПИД регулирования в процессе управления / П.Б. Королев, О.В. Захарова, Т.А. Потлова, В.И. Раков // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015613266, 2015.

15. Захарова, О.В. Программный инструментарий ПИД-регулирования на базе арифметико-логического устройства непосредственного формирования / О.В. Захарова, С.С. Солдатов, Д.А. Самойлов, В.И. Раков // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013611762, 2013.

16. Алиев Ю.О. Программа реализации унифицированных алгоритмов наилучшего цифрового регулирования / Ю.О. Алиев, О.В. Захарова, В.И. Раков // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015616512, 2015.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 14. RENEWABLE ENERGY

UDC 662.997.003.13

Schukina T.V., Akulova I.I. To a question of expediency of use solar energy in the territory of the Russian Federation

К вопросу о целесообразности использования солнечной энергии на территории РФ

Schukina Tatyana Vasilyevna
Voronezh state technical university, Voronezh
Akulova Inna Ivanovna
Voronezh state technical university, Voronezh
Щукина Татьяна Васильевна
Воронежский государственный
технический университет, г. Воронеж
Акулова Инна Ивановна
Воронежский государственный
технический университет, г. Воронеж

Abstract. *The expediency of utilization of solar radiation in various climatic zones of the Russian Federation is proved. Payback periods of system of alternative heat supply for the low building taking into account loads of heating and hot water supply are defined. The feasibility study has confirmed high efficiency of use of solar energy for the southern regions and also providing the required modes for no-failure operation of solar power plants in more severe climatic zones.*

Keywords: *solar energy, heating and hot water supply, technical and economic efficiency*

Аннотация. *Доказывается целесообразность утилизации солнечной радиации в различных климатических зонах РФ. Определены сроки окупаемости системы альтернативного теплоснабжения для малоэтажного здания с учетом нагрузок на отопление и горячее водоснабжение. Технико-экономическое обоснование подтвердило высокую эффективность использования солнечной энергии для южных регионов, а также обеспечение требуемых режимов для безотказной работы гелиоустановок в более суровых климатических зонах.*

Ключевые слова: *солнечная энергия, отопление и горячее водоснабжение, технико-экономическая эффективность*

Поступательное развитие экономики и повышение качества жизни населения тесно связаны с эффективностью использования всех видов энергоресурсов. В России основными источниками энергии традиционно являются уголь, нефть и газ. Производство и потребление этих видов топлива сопровождаются значительной нагрузкой на окружающую среду и климат, проявляющейся в загрязнении воздушного и водного бассейнов, в формировании «парникового» эффекта и пр.[1]. В частности, по данным

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

специалистов-экологов на долю российского энергетического сектора приходится порядка 50 % вредных выбросов в атмосферу и более 70 % суммарной эмиссии парниковых газов.

Несмотря на указанные негативные последствия, темпы вовлечения экологически чистых источников энергии в РФ, существенно отстают от развития аналогичной сферы в высокотехнологичных странах. Отчасти данное обстоятельство обусловлено избытком отечественных топливно-энергетических ресурсов. Однако вне зависимости от наличия углеводородного сырья в более чем 60 государствах уже приняты программы развития альтернативной энергетики и, прежде всего, возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Так, в течение последнего пятилетия темпы роста солнечной энергетики, определяемой европейскими экспертами в качестве наиболее перспективной из всех ВИЭ, оценивались в 100 % годовых.

Тем не менее, можно с уверенностью утверждать, что в РФ постепенно меняется отношение к возобновляемой энергетике. В известной степени это инициировано ростом тарифов на углеводородное сырье, ухудшением экологической ситуации, а также наличием энергодефицитных регионов, в которые затруднена доставка традиционных ресурсов.

Сегодня приняты и уже реализуются законодательные документы, регулирующие развитие энергетики на возобновляемых источниках: распоряжение Правительства РФ «Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергии на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года» (2009 г.), «Энергетическая стратегия России до 2030 года» (2009 г.) [2], Государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики» (2014 г.) [3], проект «Энергостратегии Российской Федерации на период до 2035 года» (2016 г.) [4] и др. В соответствии с обозначенными документами в энергетическом балансе России планируется довести долю альтернативной

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

энергетики с 1 % до 4,5 %. При этом целесообразность использования ВИЭ должна рассматриваться в контексте специфики регионов. Данное положение в полной, а на практике в большей, мере относится к солнечной энергии. Отметим, что среди ВИЭ солнечная радиация занимает лидирующую позицию по причинам ее неисчерпаемости и «чистоты».

Известно, что значительным потенциалом солнечной энергии обладают регионы юго-запада России (Северный Кавказ, районы Черного и Каспийского морей), Южной Сибири и Дальнего Востока. В какой-то мере солнечная энергия может быть использована и в других районах РФ. Таким образом, все возрастающую актуальность приобретают вопросы целесообразности применения этого источника энергии для различных климатических зон страны.

Целесообразность использования любой возобновляемой энергии, в том числе и солнечной, может быть определена на основе технико-экономической оценки учитывающей совокупность факторов, которая включает затраты на обустройство систем теплохладоснабжения с альтернативным источником, экономию традиционных ресурсов и значения замыкающего баланса денежных средств по указанным расходам, параметры снижения ущерба от загрязнения окружающей среды.

Оценка возможных перспектив применения солнечной энергии на территории РФ осуществлялась на примере «виртуального» коттеджа общей площадью 96,5 м^2 для семьи, состоящей из трех человек, что соответствует среднероссийским показателям общей площади коттеджа и размеру семьи. В расчетах учитывались расходы энергии на отопление и горячее водоснабжение.

Как показал предварительный анализ технических решений систем солнечного теплоснабжения, нагрузку на возобновляемый источник следует принимать не более пятидесяти процентного покрытия теплопотерь для холодного периода года и полного обеспечения потребностей в горячем водоснабжении. С учетом обозначенных условий определялись требуемые

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

площади коллекторов и необходимое количество сопутствующего оборудования. Исходные данные для технико-экономической оценки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета технико-экономической эффективности использования солнечной энергии

Климатическая зона (город)	Географическая широта, °с.ш.	Количество потребляемого тепла, Гкал/год	Объем потребляемого газа, м³/год	Тариф на газ, Р./м³	Величина годовых затрат на газ, р./год
1 зона					
Астраханская область (г. Астрахань)	46,35	96,52	13 179	4,86	64 050
Краснодарский край (г. Краснодар)	45,04	86,11	11 759	5,65	66 436
2 зона					
Воронежсая область (г. Воронеж)	51,43	113,27	15 468	4,72	73 008
Ленинградская область (г. Санкт-Петербург)	59,93	127,14	17 362	5,64	97 919
Приморский край: г. Владивосток	45,04	119,63	16 336	4,77	77 921
г. Находка	42,82	112,69	15 339	6,68	102 796
3 зона					
Республика Татарстан (г. Казань)	55,78	124,25	16 967	5,16	87 550
4 зона					
Архангельская область	64,50	146,214	19 966	6,51	129 978

Прогнозируемый эффект энергосбережения и срок окупаемости солнечных установок рассчитывались в соответствии с рекомендациями [5, 6, 7], по которым капитальные вложения на систему солнечного теплоснабжения включают:

$$C_{СУ} = C_{СК} + C_{БА} + C_{Т} + C_{И} + C_{ОБ} \quad (1)$$

где $C_{СК}$, $C_{БА}$, $C_{Т}$, $C_{И}$, $C_{ОБ}$ – стоимость, соответственно, массива солнечных коллекторов, бака аккумулятора, теплообменника, изоляционного материала,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

трубопроводов, включая запорно-регулирующую арматуру, циркуляционный насос и другое сопутствующеее оборудование, р.

При определении капитальных вложений учитывались затраты на оборудование фирмы «Корса», так как предполагалось, что массивы состоят из плоских солнечных коллекторов SUNRAIN типа R1 модели ES, производимых данным концерном и предназначенных для круглогодичного теплоснабжения, а также водонагревательных баков-аккумуляторов SR500/2.

Для населения РФ наиболее простым в понимании и удобным для оценки дополнительных расходов является срок окупаемости монтируемых энергосберегающих систем. Поэтому был проведен его расчет, исходя из соотношения

$$T_{OK} = \frac{C_{CУ}}{C_{TP}^{i}} \qquad (2)$$

где $C_{CУ}$ - капитальные затраты на солнечную установку, р;

C_{TP}^{i} - затраты на i-й традиционный вид энергии, потребляемой за год, р.

Годовой экономический эффект, достигаемый от эксплуатации установки солнечного теплоснабжения, может быть определен в результате разницы между сроками службы и окупаемости с учетом экономии традиционных ресурсов в денежном выражении

$$Э = \left(T_{CЛ} - T_{OK}^{i}\right) C_{TP}^{i} \qquad (3)$$

где $T_{CЛ}$ - срок службы солнечной установки, лет;

T_{OK}^{i} - срок окупаемости, лет;

C_{TP}^{i} - стоимость i-го вида традиционной энергии, р./год.

Основные технико-экономические показатели целесообразности утилизации солнечной энергии для теплоснабжения зданий коттеджного типа в различных климатических зонах РФ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Технико-экономические показатели использования систем солнечного теплоснабжения на территории РФ

Климатическая зона (город)	Срок окупаемости гелиоустановки, лет	Годовой экономический эффект, р./год
1 зона		
Астраханская область (г. Астрахань)	12,48	161 551
Краснодарский край (г. Краснодар)	12,03	197 336
2 зона		
Воронежсая область (г. Воронеж)	10,95	295 906
Ленинградская область (г. Санкт-Петербург)	13,82	115 591
Приморский край: г. Владивосток	10,26	369 618
г. Находка	7,77	742 746
3 зона		
Республика Татарстан (г. Казань)	9,13	514 047
4 зона		
Архангельская область	14,43	74 113

На основе полученных в результате расчета данных (см. табл. 2) можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным является использование солнечной энергии для теплоснабжения жилых зданий в Приморском крае. Кроме того, утилизация излучения целесообразна на территории РФ до 52 °с.ш. Высокий экономический эффект в климатических условиях Казани объясняется длительностью отопительного периода и продолжительным количеством часов солнечного сияния.

В заключение необходимо указать, что в условиях достаточно высокой энергооблученности многих регионов РФ все еще остаются крайне медленными темпы введения в эксплуатацию устройств улавливания и преобразования солнечной энергии [5, 8, 9]. На наш взгляд, это связано, прежде всего, с дефицитом предложения гелиосистем на отечественном рынке, их низким КПД и значительной стоимостью в противовес относительно низким тарифам на

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

практически повсеместно доступные ресурсы – газ, нефть, уголь. Однако, несмотря на сдерживающие факторы, перспективы развития солнечной энергетики обусловливаются такими положительными составляющими как высокий уровень экологической безопасности, надежность процесса извлечения полезной теплоты, экономия невозобновимых природных ресурсов.

Более широкое использование солнечной энергии в ЖКХ на территории РФ может быть обеспечено внедрением в производство инновационных технологий, повышающих КПД гелиосистем при одновременном снижении их стоимости. Такие технологии в сочетании с применением в практике жилищного строительства ресурсоэкономичных архитектурно-строительных систем зданий и конкурентоспособных теплоизоляционных материалов [10, 11] будут способствовать повышению эффективности гелиоустановок.

References

1.Акулова И.И. Прогнозирование динамики и структуры жилищного строительства в регионе: монография / И.И. Акулова. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2007. 132 с.

2. Проект энергостратегии Российской Федерации на период до 2035 года (редакция от 21.09.2016) http://minenergo.gov.ru/node/1920.

3. Энергетическая стратегия России на период до 2030 http://minenergo.gov.ru/node/1026.

4. Государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» http://minenergo.gov.ru/node/1921.

5. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России/ П.П. Безруких, Ю.Д. Арбузов, Г.А. Борисов и др. – СПб.: Наука, 2002. - 314 с.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

6. Рекомендации по технико-экономическому обоснованию применения нетрадиционных солнечных и солнечно-теплонасосных систем теплохладоснабжения на гражданских и промышленных объектах. - М.: ЦНИИЭП, 1987. - 53 с.

7. Назаров С. К. Сезонное аккумулирование возобновляемых источников энергии// Молодой ученый, 2012, №5. – С. 50-52.

8. Дурдыева Е.С., Жерлыкина М.Н., Щукина Т.В. Использование солнечной энергии для холодоснабжения зданий в климатических условиях России// С.О.К., 2014, № 7. – С. 84-85.

9. Щукина Т.В., Тарханов А.К., Чудинов Д.М. Комбинированные солнечные модули и надежность систем жизнеобеспечения// С.О.К., 2014, № 1. – С. 82-84.

10.Чернышов Е.М., Акулова И.И., Кухтин Ю.А. Ресурсосберегающие архитектурно-строительные системы для жилых зданий // Градостроительство. 2011. № 5. С. 70 – 73.

11.Акулова И.И., Дудина Н.А., Баранов Е.В. Методика и результаты оценки конкурентоспособности теплоизоляционных материалов, применяемых в жилищном строительстве. Экономика. Теория и практика: Материалы международной научно-практической конференции. Саратов: ЦПМ «Академия Бизнеса». 2014. С. 32 – 37.

SECTION 15. SUSTAINABLE TECHNOLOGY

UDC 332.142.6

Zolotukhina Ia.A., Prokshits E.E., Sotnikova O.A.Social events in designing energy-efficient quarter with the requirements of sustainable

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

development of territories in Voronezh region

Zolotukhina Ia.A.
Assistant of the Department of Design of Buildings and Structures named after N.V. Troitsky, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Prokshits E.E.
Assistant of the Department of Design of Buildings and Structures named after N.V. Troitsky, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia
Sotnikova O.A.
D. Sc. in Engineering, Prof. of the Department of Design of Buildings and Structures named after N.V. Troitsky, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Abstract. *The article deals with topical issues and problems of social development of territories in the design of energy-efficient village with the concept of sustainable development. Sustainable development is understood as sustainable development of the village providing growth of level and quality of life, thanks to the implementation of the necessary social measures implemented on the level design.*
Keywords: *sustainable development, energy-efficient quarter, psychologization*

1. Introduction.

The concept of design of modern buildings is the idea that the environment has a direct impact on our quality of life at home, in the workplace or in public areas that form the basis of our cities. This allocation of social aspects is the recognition that architecture and engineering are developed based on people's needs – both spiritual and material. This concept has received bright expression in the projects of energy-efficient residential villages and districts [1].

The architectural appearance of buildings is harmonized with the local landscape, with existing national architectural traditions. The harmonization of a building with a natural environment.

2. Materials and methods

Social infrastructure facilities are being created for the educational, cultural and spiritual development of a healthy, creative and active society, taking into account the differences in age groups and the stimulation of society for active interaction.

In the development of building facades architect should take into account that,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

psychological state of a person is closely connected with nature, because being in a forest, merges with nature, feeling a part of it, and more alive. In the modern world few natures penetrates the architecture of the city, which, of course, unacceptable, because all around us glass, and concrete separated the human biofield from the natural frequency, creating so-called screen. [2]

In designing of energy-efficient quarter should provide public storage areas, for the convenience of storing seasonal and sporting equipment and any other economic needs in the basement floors of the partitioned housing units, there are individual ancillary rooms.

Figure 1. General view of the street

Building a barrier-free environment also is one of the important aspects. For example, the longitudinal inclination of the movement path, in which it is possible to travel by wheelchair, does not exceed 5%, cross slope is in the range of 1-2% [3]. The height of the curbs at the intersections of sidewalks with the roadway, elevation of curbs, side stones along the maintained lawns and landscaped grounds, adjacent to the paths of pedestrian traffic does not exceed 4 cm. In each building of the residential complex in addition to the obligatory presence of ramps provides at least

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

one input from the earth's surface. Surface coating the input sites and platforms are made of solid, non-slip when wet materials with a cross slope in the range of 1-2%. Design an internal space suitable for use by people without the need for adaptation or special devices.

Ensuring the social dimension of the principles of sustainable development of the Territories leads to the need for a new urban design methodology in which functional and territorial linkages and streamlining Urban facilities are assessed from the psychological impact on human nature as a mechanism for the humane and harmonious development of society.

The psychologisation of urban activities has some scientific justification in domestic and foreign science. The most prominent representative of the integration of urban planning theory and psychology of architectural perceptions is C. Lynch [4]. A researcher, trying to identify the "good city" factors, is based on an analysis of aesthetic human values in the history of urban development. Thus, according to its perceptions, the quality of a "good city" integrates the values of efficiency and equity, which in turn are disaggregated by habitability and understanding of compliance, accessibility and control urban development. The domestic school for architectural and psychological research of the residential environment proposes that, in the process of defining the planning structure, the specifics of human activity and behaviour be taken into account, and the impact of urban facilities Expressiveness in the emotional and cognitive sphere of the personality, as a representative of the public relations (A.V Stepanov, G.I. Ivanov, N.N. Nechayev) [5].

The problem of psychologization urban practices, as a means of sustainable development of the territories, has enabled us to identify the psychological, sustainable morphotypes of of the urban environment that we highlighted: psychological adaptive areas of the urban environment, psychologically depressed and psychologically neutral areas of the urban environment [6].

The informative aspect of the psychologically sustainable morphotypes of the

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

urban environment, in our view, is determined by the manifestation of signs influencing the psychological state of the individual as a subject of urban development and as a consumer urban services, in particular [5]:

a) Features of the perception of urban space and the planning structure based on the analysis of the density of urban facilities, extent, openness/opening;

b) The functional suitability, rationality and soundness of urban facilities in accordance with the needs and capabilities of the consumer (socio-role and ethno orientation of the use of urban Activities);

c) The information, semantic, rehabilitation and correctional function of urban facilities (especially the perception of color solution and the volumetric forms of urban facilities, their impact on the psychoemotional state of the person).

Monotonous architectural environment, reduction of areas reserved for green spaces, creates a necessity to transform the space around us, directly affect the psychological state of people. The optimal solution of this problem is the creation of green roofs. We know that on the standard roofs during the summer the temperature can rise above 50 degrees. People whose apartments are located on the last floor, directly under the sun, to live in the summer is unbearable. We know that on the standard roofs during the summer the temperature can rise above 50 degrees. People whose apartments are located on the last floor, directly under the sun, to live in the summer is unbearable. The presence of plants that release moisture in the form of steam, lowers the temperature to about 35 degrees. Consequently, reduced temperature in the areas located immediately under the roof, which leads to energy savings by reducing temperature and time of conditioning of air in them [8]. Thus, the use of green roofs allows to solve aesthetic and technical problems.

3. Results and Discussion

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

So, at design of energy efficient quarter it is necessary to avoid the following mistakes:

- cardinal change of a natural landscape and its components on an artificial landscape;
- any entering of pollution into the Wednesday surrounding with the person and into a human body;
- a distance of the person from direct contacts with the nature and components of a landscape;
- the increased night illumination, noise;
- heat loss due to the irregular shape of buildings;
- too condensed building;
- a large distance from public transport.

Replacement of natural elements of the environment and various components of life of citizens by artificial has led to change of impact on sense organs of the person [6]. Artificial influences don't assume it as they are constructed on deception of sense organs of the person that directly influences activity and behavior of the person.

Development of strategy of sustainable development – the first step by a noosphere when collective intelligence and collective will reach the high, weighty level, sufficient to provide harmonious joint development of the nature and society.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Figure 2. General view of the quarter

When building energy-efficient settlements and residential areas, this approach is used when it comes not only to save energy, but also on the ecological and social aspects, the long-term construction, its impact on the environment, in other words, the so-called sustainable construction.

References

1. Zolotukhina, Ia.A., Prokshits, E.E., Sotnikova, O.A. (2017) 'Design of energy-efficient quarter with the requirements of sustainable development of territories', Fundamental and applied sciences today XIII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 30-31.10.2017, Vol. 1—North Charleston, SC, USA: CreateSpace, pp. 1–3.

2. Rodina E.V., Prokshits, E.E. (2016) 'The architectural appearance of the city of Voronezh in the 24 cycle of solar activity', V. I. Vernadsky: sustainable development of the regions, Materials of International scientific-practical conference, pp. 193–199.

3. Sotnikova, O.A., Makarova, T.V., Bogatova, T.V. (2016) 'Universal barrier-free urban environment for people with limited mobility.', Modern problems

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

and prospects of development of construction and operation of the properties. Collection of scientific articles, pp 68–76.

4. Pulyaevskaya, O.V., Pulyaevskaya, E.V. (2013) 'Integration of psychological knowledge in the process of designing urban objects', Vestnik IRGTU №8(79), pp. 98–101.

5. Lynch, K.,(1982) 'The Image of the City', Stroyizdat, pp. 145-149.

6. Sterligova, E.A. (2012) 'Environmental psychology', Perm, pp. 212 .

7. Pulyaevskaya, O.V., Pulyaevskaya, E.V. (2016) 'On the issue of identification of psychological aspect of area sustainability in the context of urban development problems solution', Social competence, Book 1 №1, pp. 33–35.

8. Sladchenko, K.N., Sotnikova, O.A., (2016) 'Saving water resources during the construction and operation of high-tech buildings', Scientific journal, 'Engineering systems and constructions', №2 (23), pp. 78–81

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 16. CURRENT ISSUES AND CHALLENGES IN TECHNOLOGY

UDC 628.87

Tulskaya S.G. Development and validation of the application of effective schemes of air exchange for premises for production purposes

Разработка и обоснование применения эффективных схем воздухообмена для помещений производственного назначения

Tulskaya Svetlana Gennadyevna,
candidate of technical Sciences, associate Professor of Department of heat and gas supply and oil and gas business, Voronezh State Technical University, Voronezh, e-mail: TCdtnkfyf2014@yandex.ru
Тульская Светлана Геннадьевна,
кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и нефтегазового дела,
Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

Abstract. *In this paper, the basic requirements and known principles of ventilation in restaurant complexes. Analyzed the possibility of implementing the system of technological air-conditioning on the type of displacement ventilation with the scheme vozduhonosnye "bottom–up" premises for industrial purpose restaurant complex.*

The proposed method of supply and distribution of air has a significant impact on the efficiency of ventilation and increases the degree of thermal comfort.

Keywords: *ventilation, thermal comfort, zone of discomfort, air exchange, dining hall, restaurant complex.*

Аннотация. *В данной работе рассмотрены основные требования и известные принципы организации воздухообмена в ресторанных комплексах. Проанализирована возможность применения системы технологического кондиционирования воздуха по типу вытесняющей вентиляции со схемой воздухораздачи «снизу–вверх» для помещений производственного назначения ресторанного комплекса.*

Предлагаемый способ подачи и распределения воздуха оказывает существенное влияние на эффективность систем вентиляции и повышает степень теплового комфорта.

Ключевые слова: *вентиляция, тепловой комфорт, зона дискомфорта, воздухообмен, обеденный зал, ресторанный комплекс.*

Введение. На предприятии ресторанного комплекса повышенное внимание уделяется системам вентиляции [5, 7]. В ресторанном комплексе необходимо выполнять задачи системы вентиляции: удалять застоявшийся воздух, табачный дым, запах готовящейся в горячем цехе пищи, удалять

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

заблаговременно теплоизбытки, обеспечивать комфортные условия микроклимата для сотрудников.

Способ подачи приточного воздуха и типа воздухораспределителей выбирается в зависимости от требований к микроклимату и категорий помещений в ресторанном комплексе, размеров теплотехнологического оборудования, тепловлаговыделений и других вредностей.

В ресторанном комплексе выделяется различное количество теплоты, влаги, газов в зависимости от характера технологического процесса, используемого оборудования, объема помещений и работающего персонала, режима работы сотрудников. Для их удаления требуется различное количество вентиляционного воздуха.

1. Основные принципы организации воздухообмена. Выполнение основных принципов осуществления воздухообмена зависят от расположения приточных и вытяжных отверстий.

В работе Сенатова И. Г. [1] отмечается, что при проектировании вентиляции вытяжные отверстия должны располагаться вверху, а приточные внизу. Направление передвижения потоков воздуха (создаваемого вентиляцией) и вредностей (нагретых паров и газов), стремящихся подняться вверх, должно совпадать.

Распределение и удаление загрязненного воздуха из производственных помещений ресторанных комплексов зависит от направления движения воздуха и способа его подачи. Подача приточного воздуха в помещение может осуществляться: вентилированием помещения потоками воздуха с помощью потолочного и настенного воздухораспределителей; вентилированием помещения потоками воздуха с помощью только потолочного воздухораспределителя.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Рассмотрим организацию движения воздушных потоков в помещении ресторанного комплекса, вентилируемом двумя способами: вентиляцией перемешивающего типа и вытесняющей вентиляцией.

При использовании в ресторанном комплексе вентиляции перемешивающего типа воздушные потоки распределяются таким образом, что они полностью перемешиваются с воздухом помещения и концентрация загрязняющих веществ одинакова по всему объему.

В вытесняющей вентиляции воздушные потоки под действием подъемной силы расслаивают воздух по высоте помещения, благодаря чему качество воздуха в зоне обслуживания выше, чем в системах перемешивающей вентиляции. Наиболее часто в вытесняющей вентиляции рекомендуют и используют подачу воздуха с помощью потолочного воздухораспределителя «сверху-вверх».

Движение приточного воздуха, при использовании вытесняющей вентиляции в помещении по принципу «снизу-вверх», расстилается над полом, где постепенно подогревается и с помощью восходящих конвективных потоков от теплотехнологического оборудования, поднимается вверх. Происходит неравномерное распределение температур по высоте помещения, так называемый уровень стратификации. Таким образом, помещение делятся на две зоны: верхнюю (загрязненную) и нижнюю зону (чистую). Благодаря этому в рабочей зоне всегда поддерживается чистый воздух по сравнению с перемешивающей вентиляции [3, 5].

2. Разработка эффективных схем воздухообмена в горячих цехах ресторанных комплексов. В настоящее время отечественные и зарубежные учёные при выборе принципа воздухораздачи в горячем цехе ресторана, считают, что наиболее эффективным здесь является использование местного способа (рис. 1).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

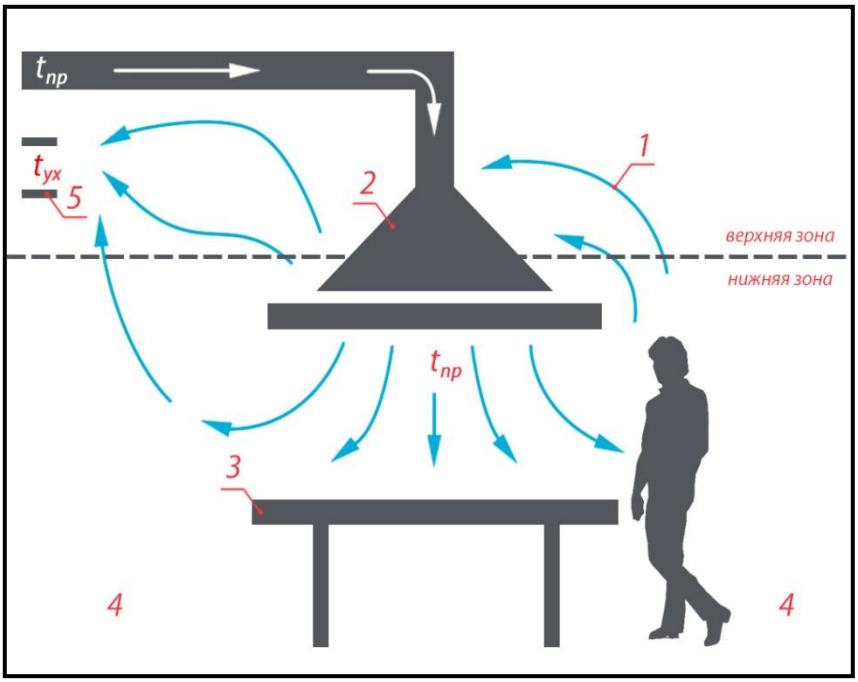


Рисунок 1. Местный способ воздухораздачи в ресторанном комплексе: 1 – приточный воздуховод; 2 – воздухораздающее устройство над теплоисточником; 3 – теплотехнологическое оборудование; 4 – невентилируемые зоны помещения; 5 – вытяжное устройство

При применении местного способа подачи приточного воздуха исключается воздухообмен по принципу перемешивающей вентиляции в горячем цехе. Этот способ близок к системам типа вытесняющей вентиляции.

В горячем цехе ресторана наиболее эффективным способом воздухораздачи является способ по принципу вытесняющей вентиляции «снизу-вверх», когда приточный воздух подается непосредственно в зону влажностно-тепловой обработки продуктов. Но отсутствие исследований в этой области не получило дальнейших результатов внедрения в проектах ресторанов. Это, по-видимому, объясняется отсутствием воздухораспределительных устройств, работающих с маленькими скоростями движения подачи воздуха. Кроме того,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

остается нерешенным вопросом о выборе конструктивных решении по способу подачи приточного воздуха в зону влажностно-тепловой обработки продуктов с учётом различного теплотехнологического оборудования ресторанного комплекса.

Таким образом, в настоящее время вопрос воздухораздачи в ресторанных комплексах остается нерешённым и актуальным вопросом. По результатам различных исследований нет единого мнения. Общепринятые способы воздухораздачи склоны к системам перемешивающего типа, в которых имеется ряд недостатков. Поэтому необходимо провести дополнительный анализ имеющихся результатов исследований, который подтвердит наиболее выгодный и эффективный способ воздухообмена и воздухораспределения в ресторанном комплексе [3, 4].

3. Разработка эффективных схем воздухообмена в обеденных залах. Тепловой комфорт и качество воздуха для посетителей и благоприятные условия для работы персонала в обеденном зале ресторана сводится к обеспечению достаточного притока свежего воздуха, объем которого рассчитывается исходя из максимального количества человек, на которое рассчитан зал, площади и условий естественной вентиляции.

Требования к качеству воздуха в обеденном зале ресторанного комплекса:

– предотвращать чрезмерный рост относительной влажности;

– поддерживать температуру среды на уровне, комфортном для посетителей ресторана;

– обеспечить расход вентиляционного воздуха на одного посетителя ресторана;

– поддерживать пониженное давление по отношению к смежным помещениям, предотвращая распространение запахов;

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

– создание условий круглогодичного комфорта, который может быть достигнут правильным распределением вентиляционной нагрузки.

Для обеденных залов ресторана может быть применена вентиляция вытеснением и воздухообмена по схеме «снизу-вверх» [6]. На основании этой схемы «снизу-вверх» воздухораспределить располагается снизу, подача воздуха осуществляется с небольшой скоростью, чтобы избежать сквозняка на уровне ног. Температура приточного воздуха должна быть ниже температуры внутреннего воздуха. Разность температур между приточным воздухом и внутренним создает комфортные условия для посетителей и работающего персонала, обеспечивает хороший чистый воздух и полное отсутствие неприятных запахов. Если это правило соблюдается, то в рабочей зоне всегда будет свежий чистый воздух. Так как из рабочей зоны загрязненный воздух выталкивается вверх, а на его смену подается вновь чистый воздух. Такой способ вытесняющей вентиляции и воздухообмена по схеме «снизу-вверх» образует неравномерное распределения воздуха по высоте помещения (стратификация воздуха), образуется формирование слоев воздуха. Слои с холодным воздухом располагаются снизу, а теплый воздух – сверху. Разделительный слой имеет высоту от 110 до 160 см от пола, так как в обеденном зале ресторана посетители находятся в положении сидя за обеденным столом.

Вытяжное устройство устанавливают в верхней части обеденного зала, где образуется загрязненный слой и самая высокая температура (рис. 2). Образование движения воздуха в вертикальном направлении вызывается конвективными потоками от посетителей, от работающего персонала, от теплоты поверхности стен, от горячей пищи.

В зависимости от времени суток и дня недели количество посетителей ресторана различное. Чтобы избежать дисбаланса в обеденном зале ресторана между действительным расходом приточного воздуха и необходимым (по

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

условиям заполняемости обеденного зала), необходимо предусматривать автоматическое регулирование вентилятора.

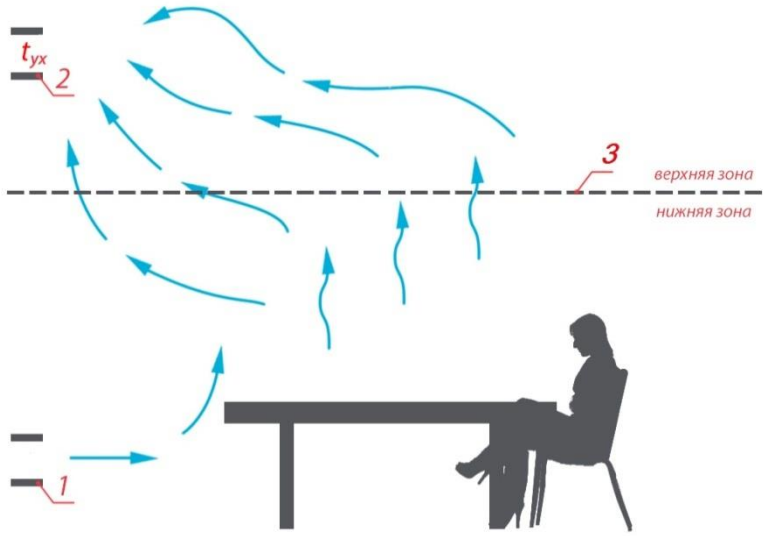


Рисунок 2. Схема подачи воздуха в обеденный зал ресторанного комплекса по принципу вытесняющей вентиляции: 1 – приточный воздуховод; 2 – вытяжной воздуховод; 3 – уровень стратификации воздуха

Если приточный воздух подать в обеденный зал недостаточно, то происходит смешение чистого и загрязненного воздуха. Если приточный воздух подать интенсивно, то это приводит к дискомфорту, к перерасходу и большим затратам. Скорость движения воздуха в обеденном зале ресторана должна не превышать 0,2 м/с.

4. Обоснование эффективных схем воздухообмена. Проектирование вентиляционных систем в горячем цехе ресторанного комплекса, в настоящее время является наиболее актуальной инженерной задачей. Так как, в ресторанном комплексе имеется большое количество загрязняющих веществ, которое выделяется при влажностно-тепловой обработки продуктов, неблагоприятно влияющих на организм работающего персонала. К

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

проектировщикам и производителям вентиляционных установок предъявляются требования создания комфортных условий труда при использовании современного технологического оборудования в горячем цехе ресторана.

Конвективный воздушный поток от теплотехнологического оборудования распределяются снизу вверх, причем восходящие струи подмешиваются с внутренним воздухом помещения. Таким образом, увеличивается объем удаляемого воздуха. Для исключения этого негативного влияния, необходимо располагать вытяжные устройства непосредственно над теплотехнологическим оборудованием.

Традиционные способы организации систем вытяжной вентиляции в горячем цехе ресторана обеспечиваются через вытяжной зонт. Следует отметить недостатки вытяжного зонта над теплотехнологическим оборудованием:

– часть загрязняющего воздуха остается в помещении и растворяется поступающим воздухом;

– происходит сдувание бокового (поперечного) восходящего конвективного потока.

При применении вытесняющей вентиляции в ресторанном комплексе необходимо соблюдать требования, такие как:

– необходимо обеспечить организованное движение загрязнённого воздуха к местам его удаления;

– создать необходимые условия, которые исключат перемешивание чистого воздуха с загрязнённым;

– подачу приточного воздуха осуществлять кратчайшим путём;

– применять воздухораспределители с минимальной скоростью приточного воздуха;

– создать комфортные условия труда работающему персоналу.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Достоинство этого принципа воздухораздачи заключается в том, что воздух не требуется предварительно переохлаждать и переувлажнять. Это позволит сократить энергозатраты на его кондиционирование.

При подаче такого воздухораспределения в рабочей зоне помещения всегда поддерживается чистый охлаждённый воздух. Приточный воздух способствует удалению тепловой нагрузки с поверхности теплотехнологического оборудования и уменьшает тепловое воздействие в рабочей зоне.

Предложенная усовершенствованная система вытесняющей вентиляции является актуальным направлением в ресторанном комплексе горячего цеха, применение которой позволит улучшить санитарно-гигиенические условия труда и качество выпускаемой продукции, увеличить производительность труда за рабочую смену [2].

Выводы. Проведенный анализ исследований позволил сделать вывод, что воздухораздача и воздухообмен в ресторанных комплексах остается неполностью решенной задачей. В настоящее время большинство способов воздухораздачи в ресторанном комплексе осуществляется по принципу перемешивающего типа [2–6].

В данной работе описывается и предлагается новое решение проблемы воздухораздачи и воздухообмена в ресторанных комплексах, которая будет соответствовать температурно-влажностным условиям, санитарно-гигиеническим и технологическим требованиям. Все эти решения заключаются в применении вытесняющей вентиляции.

References

1. Сенатов, И. Г. Санитарная техника в общественном питании / И. Г. Сенатов. – М. : Издание 3-е, перераб. и доп. «Экономика», 1973. – 214 с.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

2. Тульская, С. Г. Вентиляция и экологическая безопасность вентилируемых помещений ресторанных комплексов/ С. Г. Тульская, О. А. Сотникова // Экология и промышленность России. – 2013. – № 2. – С.21–25.

3. Булыгина, С. Г. Разработка теплофизических моделей оборудования влажностно-тепловой обработки продуктов в ресторанных комплексах / С. Г. Булыгина, О. А. Сотникова // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 2. – С. 38-49.

4. Сотникова, О. А. Моделирование теплопоступлений от оборудования тепловой обработки продуктов в производственных помещениях ресторанных комплексов / О. А. Сотникова, С. Г. Тульская, Л. А. Кущев // Научный журнал строительства и архитектуры, 2013. № 3 (31). С. 32-40.

5. Тульская, С. Г. Формирование параметров микроклимата в помещениях ресторанных комплексов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.03 / Воронежский государственный архитектурно-строительный университет. Воронеж, 2013

6. Тульская, С. Г. Экспериментальные исследования теплового режима производственных помещений и обеденных залов ресторанных комплексов / С. Г. Тульская, О. А. Сотникова, Ю. Г. Булыгина // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2012. – № 3 (8). – С. 62-70.

7. Фангер О. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей // АВОК. – 2003. – № 4. – С.12-21.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 17. ARTIFICIAL INTELLIGENCE

UDC 004.8

Konstantinov A.V. Technology artificial intelligence control of mobile robots

Технологии искусственного интеллекта в управлении мобильными роботами

Konstantinov Alen Vladimirovich
Post-graduate student of the Department of Electronic Systems
Saint-Petersburg Mining University
Scientific adviser
Shpenst V.A. Doctor of technical sciences, professor
Saint-Petersburg Mining University
Константинов Ален Владимирович
Аспирант кафедры Электронных систем
Санкт-Петербургский Горный Университет
Научный руководитель
Шпенст В.А. д.т.н., профессор
Санкт-Петербургский Горный Университет

Abstract. *This article provides an overview of known artificial intelligence technologies in the management of mobile robots, for the purpose of the further research and use in various fields.*
Keywords: *robotics, artificial intelligence, neural network, genetic algorithm, behavioral system.*
Аннотация. *В данной статье приведен обзор известных технологий искусственного интеллекта в управлении мобильными роботами, с целью дальнейшего исследования и применения в различных областях.*
Ключевые слова: *робототехника, искусственный интеллект, нейронная сеть, генетический алгоритм, поведенческая система.*

Искусственный интелект (сокр. ИИ), сущ. – теория и реализация компьютерных систем, способных выполнять задачи, обычно требующие человеческого интелекта, такие как визуальное восприятие, распознавание речи, принятие решений и перевод с одного языка на другой.

(Новый Оксфордский американский словарь, 3-е изд.)

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

В настоящее время ученые заняты созданием образцов искусственного интеллекта все большей мощности и сложности. Кое-что из уже созданных образцов ИИ можно найти в компьютере, в различных гаджетах, в смартфоне и автомобиле. Среди них есть мощные системы поиска ответов на вопросы, такие как Watson. А некоторые из них, разрабатываемые в таких организациях, как Cycorp, Google, Novamente, Numenta, Self-Aware Systems, Vicarious Systems и DARPA, обладают «когнитивной архитектурой». Создатели таких ИИ надеются, что их детища достигнут человеческого уровня интеллекта; есть и такие, кто полагает, что произойдет это в течение ближайших 10–15 лет.

Несмотря на растущее беспокойство по поводу расширения ИИ на мировом пространстве, эти технологии могут принести огромную пользу человечеству и решить много распространенных проблем, таких как: здравоохранение, более безопасное вождение, образование, экономия энергоресурсов, помощь в дикой природе и т. д. Ну и конечно же, не стоит забывать о множественных проблемах безопасности жизнедеятельности и производства.

Что касается робототехники, за последние 50 с лишним лет промышленные роботы приносили свои плоды производства путем обработки рутинных, грязных и опасных задач. Но сегодня, когда потребители хотят более персонализированных продуктов, и чтобы они были быстрее при сниженной

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

стоимости расходов, роботы появляются и внедряются во многих новых областях применения, особенно для малых и средних предприятий, а также в правительстве, сельском хозяйстве, геодезии, строительстве и здравоохранении.

Для управления роботами необходимы все более мощные компьютеры. Современный суперкомпьютер работает со скоростью 36,8 петафлоп в секунду, то есть примерно вдвое быстрее человеческого мозга. Такая производительность стала возможна благодаря использованию ИИ: он переписывает собственную программу, в первую очередь, инструкции, повышающие его способность к усвоению знаний, решению задач и принятию решений.

Ранние попытки разработать сложные программы управления роботом традиционно опирались на теорию искусственного интеллекта (ИИ). В основе этой теории лежит схема восприятие – план – действие: сначала посредством восприятия строится внутренняя модель мира, на базе которой осуществляется планирование действий, после чего наконец происходит выполнение плана в реальном окружении. Некоторые аспекты такого метода управления роботом, особенно касающиеся построения модели мира и планирования действий, были подвергнуты критике. Как оказалось, эффективность действий робота сильно зависит от времени вычислений, затрачиваемых на построение символической модели. Кроме того, несоответствие модели и реального окружения может привести к тому, что действия робота не приведут к желаемому эффекту.

Альтернативный подход – построение поведенческих систем. Доказано, что реактивные системы, не использующие символическое представление, способны описывать достаточно сложное поведение.

Поведенческие робототехнические схемы расширяют идею простых реактивных систем, которая заключается в комбинировании простых согласованно действующих линий поведения. Поведенческая модель,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

представленная на рисунке 1, не является легко прогнозируемой и описывает программную структуру с восходящей реализацией. Вместо того чтобы кодировать большие блоки программ, мы помещаем всякую функциональность робота в небольшой самостоятельный модуль, называемый “поведением”. Все поведения выполняются в параллельном режиме без явной синхронизации. Такой подход призван, помимо прочего, упростить возможное расширение программы за счет, например, добавления нового датчика или нового поведенческого атрибута. Хотя все поведения имеют доступ к датчикам робота, на приводы робота должен отсылаться единственный управляющий сигнал. Оригинальная поглощающая архитектура использует для поведений фиксированные приоритеты, тогда как в современных реализациях применяются более гибкие схемы отбора поведений.

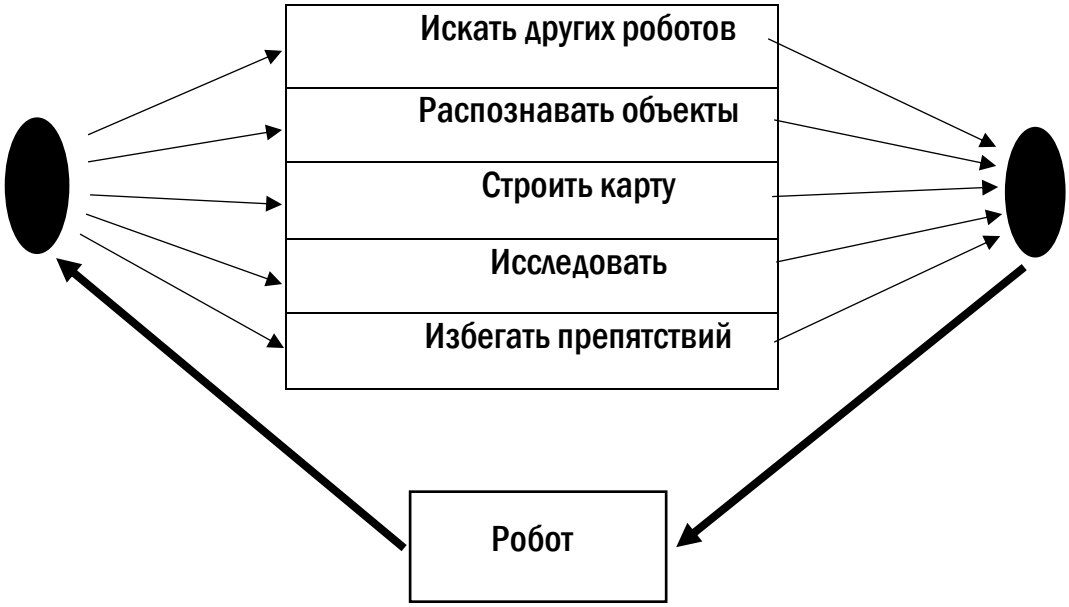


Рисунок 1. Поведенческая модель

Более совершенный и более гибкий метод отбора поведений заключается в использовании нейронного регулятора. Нейронная сеть получает данные от всех датчиков (включая сенсорные данные, предварительно обработанные на высоком уровне), таймера, а также информацию о статусе

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

каждого поведения. Нейронная сеть генерирует выходной сигнал для выбора активного в текущий момент поведения, тем самым побуждая робота к действию. Структура нейронной сети разрабатывается с помощью генетического алгоритма, оптимизирующего функцию приспособленности. Функция приспособленности описывает критерии решаемой задачи. Управление мобильным роботом – это перевод сенсорных входных данных в реальные движения робота. Регулятор, управляющий движениями робота, получает входные данные от датчиков, обрабатывает их с помощью подходящей логики и отсылает соответствующие сигналы приводам. На рисунке 2 показана схема нейронной сети, управляющей равномерным движением мобильного робота внутри лабиринта с уклонением от препятствий.

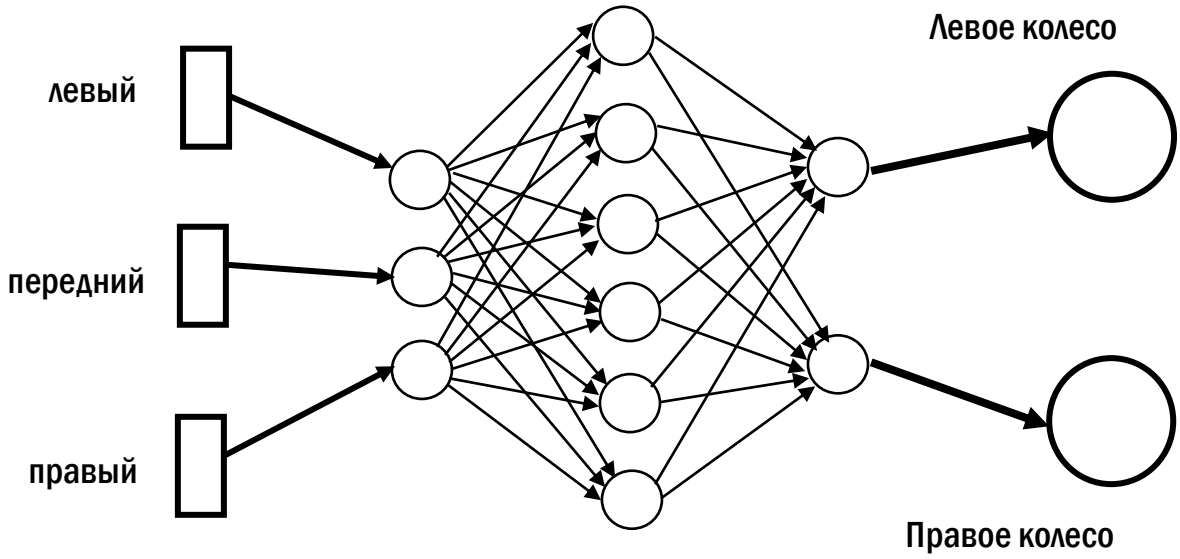


Рисунок 2. Нейронная сеть, управляющая движением мобильного робота

Еще один вариант нейронной сети – сеть на адаптивной логике, использующая для расчетов только логические (булевы) операции. Такая сеть была успешно реализована в рамках моделирования простого коллективного

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

поведения. Преимущество нейронных сетей на адаптивной логике состоит в том, что на их базе можно создавать регуляторы, которые легко переносятся на аппаратные средства. Адаптивный регулятор в данном случае состоит из двух частей: нейронного регулятора и системы обучения на базе генетического алгоритма. Нейронный регулятор преобразует входные данные в управляющие сигналы, активирующие поведения робота в определенный момент времени. От структуры нейронной сети зависит функциональное преобразование входных данных в выходные сигналы. Топология нейронной сети такова, что функциональное преобразование наиболее эффективно тогда, когда изменяются весовые коэффициенты сразу всех нейронных связей. Эволюция структуры происходит под действием генетического алгоритма. Множество параметров, описывающих весовые коэффициенты нейронных связей, оптимизируются, в результате чего, получается регулятор, способный выполнить поставленную задачу.

Преимущество генетических алгоритмов состоит в том, что они применимы к решению задач, не имеющих детерминированного алгоритмического решения. К этой категории задач относится задача управления роботами и свойственная ей проблема выполнимости. К примеру, не существует алгоритма точного построения оптимальной походки конкретного шагающего робота, а с помощью генетических алгоритмов можно ее сгенерировать.

Следует подчеркнуть, что эффективность использования генетического алгоритма зависит от области применения задачи и того, существует ли для нее оптимальное решение и подходящая функция приспособленности. Как оказалось, применять генетические алгоритмы к задачам, имеющим алгоритмическое решение, не эффективно.

В заключении стоит отметить, что искусственный интеллект является классическим примером технологии, которая изначально казалась простой, но

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

при более внимательном исследовании выяснилось, насколько она сложна. Ранние предсказания дальнейшей судьбы ИИ оказались ошибочными, что делает любые прогнозы будущего ИИ, как минимум недостоверными. Тем не менее, исследования продолжаются с нарастающей силой. А знаменитый вопрос: “Может ли машина мыслить?”, по-прежнему остается без ответа.

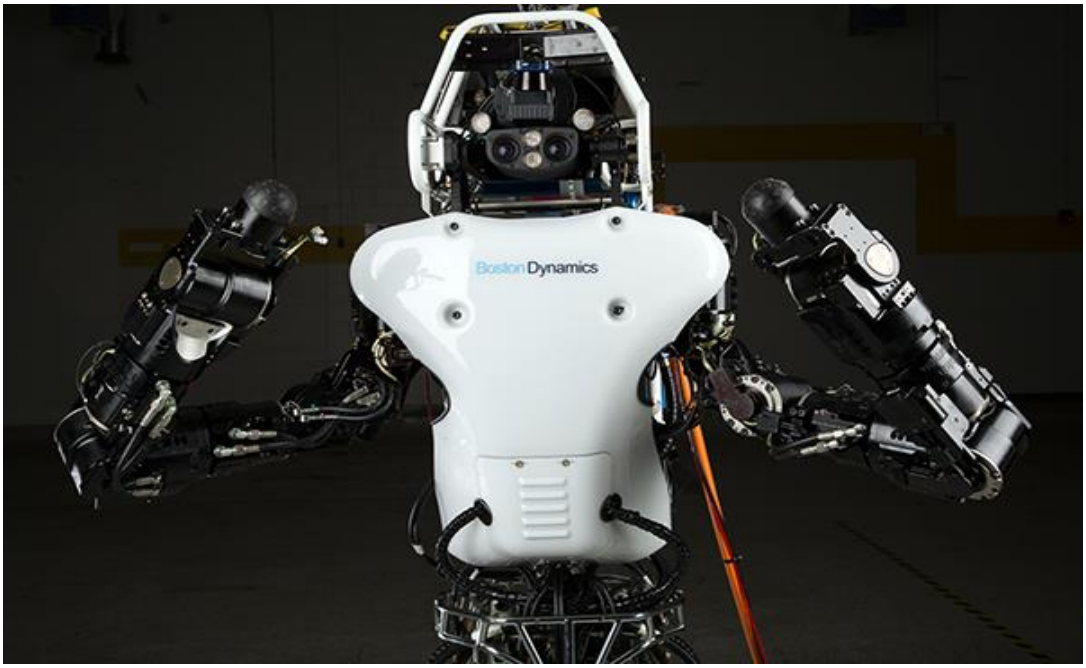


Рисунок 3

References

1. *Баррат Д.* Последнее изобретение человечества: Искусственный интеллект и конец эры Homo sapiens. М.: Альпина нон-фикшн, 2015, 304 с.

2. *Бройнль Томас* Встраиваемые робототехнические системы: Проектирование и применение мобильных роботов со встроенными системами управления. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012, 520 с.

3. *М. Тим Джонс* Программирование искусственного интеллекта в приложениях. – М.: ДМК Пресс, 2015, 312 с.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

4. Artificial Intelligence and Machine Learning [Электронный ресурс]. – https://www.youtube.com/channel/UCfeIJa0QIJWwPEZ6XNbNRyA

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 004.8

Volodina O.V. Prospects and threats of artificial intelligence

Volodina Olga V.
PhD in Pedagogy, Associate Professor,
Petrozavodsk State University,
Institute of Foreign Languages,
Department of English
E-mail: volodina@petrsu.ru

Abstract. *The article deals with topical issues related to artificial intelligence that simulates various aspects of natural intelligence with the help of computers. The paper explains if the "intelligent" computer systems have intellectual competence and if it is possible to consider sophisticated computer programs as intellect in the human sense. The paper analyses the necessity to study the problem of artificial intelligence because its development opens up new opportunities for understanding human cognition.*

Keywords: *artificial intelligence, human intelligence, computer program, Turing test, "Chinese room", models of mind*

The essence of artificial intelligence is manifested in the ability to generate meaningful analysis indistinguishable from the natural behavior of a real person. The development of artificial intelligence opens up new opportunities for understanding human cognition. At the end of the 20th century Steven Smale, an outstanding American mathematician, Fields Award winner, formulated eight unresolved mathematical problems; one of them is the question of the limits of the intellect, both artificial and human, i.e. whether there is a mechanical procedure for solving all mathematical problems belonging to a certain class. It is believed that the American programmer John McCarthy first introduced the term «artificial intelligence» in its modern sense into use in 1956 at the scientific conference at Dartmouth University. The definition of "artificial intelligence" in the information systems of "intelligent" machines was not directly related to the understanding of human intelligence. There is no single answer to the question of what artificial intelligence does. One of the problems of artificial intelligence in the interests of educational practice is the computer solution of cognitive tasks that imitate the work appropriate to the human brain. The difficulty of these tasks is explained by the fact that they have to be solved in the conditions of incompleteness and inconsistency of knowledge about the object

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

of the research.

The most important research task in the field of artificial intelligence is the identification of a method for simulating various aspects of the activity of human intelligence with the help of computers. If you compare outstanding computer results with the achievements of natural intelligence, then you can ask: Does the "intelligent" computer system have intellectual competence? Is it possible to talk about the competence of a computer system for solving problems? Is it possible to consider sophisticated computer programs as intellect in the human sense? The most important objection is that the computer program cannot be called an artificial intelligence, because it essentially does not know how to do anything else except the program of actions. Speaking about the competence of the computer system, it should be clarified if it is the competence of the software product or the competence of the user, who not only starts the program but also sets certain parameters of it. Despite the fact that "self-learning" programs demonstrate "competence", it is quite difficult to separate competence from the user. The reason is primarily that "competence" is directly related to the individual and therefore it is subjective.

Obviously, competence is not a characteristics of artificial intelligence systems because hypothetically possible interpretations of computer competence will really be reduced to different variants of John Searle's "Chinese room" - a mental experiment in the philosophy of consciousness and the philosophy of artificial intelligence (1980), its goal is refutation of the assertion that a digital machine with "artificial intelligence" in a certain way has consciousness in the same sense a human being has. This goal involves refutation of the hypothesis of "strong" artificial intelligence and criticism of Turing test - an empirical test (1950) on the determination of the ability to think. The standard interpretation of Turing test is that a person interacts with one computer and one person. According to the answers to the questions, he must conclude whom he is talking to: a person or a computer program. The task of the computer program is to mislead a person, forcing him to

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

make the wrong choice. The scheme of the thought experiment "the Chinese room" argues outward reassuringly, but it does not understand the meaning of the input and output data, so it never gets a "subjective understanding" of the conversation.

Nevertheless, according to the opinion of the French mathematician Henri Poincaré, artificial intelligence is still capable of specific mathematical creativity, as according to the given program it will be able to select from the set of solutions the most "elegant" ones characterized by the greatest simplicity and structure. It should be accepted that artificial intelligence can create the illusion of thinking activity with the help of special computer programs, especially accented on the formal operation of symbols, but despite the enormous advances in the field of information technology, it may never be able to reach the level of human consciousness. Artificial intelligence is designed to solve either poorly algorithmized problems or very difficult algorithmic tasks, the solution of which accompanies the life of a person.

However, according to Roger Penrose, intellectual and mathematical creativity and mental activity in general cannot be fully described only with the help of computer models. When solving problems related to the implementation of artificial intelligence as a "reasonable" machine or software product, one has to face the question of the mathematical provability of the possibility or impossibility of artificial intelligence. Some scientists consider mathematically proven that a computer can carry out any function performed by natural intelligence, while others refer to the restrictive results of Kurt Gödel and point at problems solved by the human intellect, which are fundamentally inaccessible to the computer. Although the opinion that Gödel's well-known theorem on incompleteness imposes fundamental limitations on the capabilities of machines is untenable, this theorem also limits the possibilities of a person to the same extent. Despite the difficulty of the question about the possibility or impossibility of creating artificial intelligence in the broad public consciousness the creation of a "reasonable" machine has long been firmly associated with the technology of creating computer programs.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

The famous British physicist Stephen Hawking considers it is a great mistake in the human history to underestimate the threats from artificial intelligence. A number of modern researchers, Professor of Computer Science S. Russell, physicists M. Tegmark and F. Wilczek, etc. indicate achievements in the field of artificial intelligence, noting the role of supercomputers that have won the man in an intellectual game, the production of self-governing cars, the growing popularity of voice assistants, carrying out the management of smart phones or systems of vehicles using voice, as well as the development of robotics, humanoid robots with a special analytical system, equipped with video cameras, laser scanners and RFID-chips. Robots have much higher capabilities than human abilities; they replaced the man not only in production, they began to carry out dangerous and harmful work instead of a person, but also to conduct researches in space (robots-astronauts), to perform complex surgical operations (robotic surgeons), to perform music and to paint, to entertain and to be a partner in game. Robots of the latest generation are capable of providing a long-term emotional and cognitive support to people. Researchers warn that in the future it may happen that no one and nothing can stop cars with a superhuman intellect from self-improvement. In turn, it will launch a process of the so-called technological singularity, the development schedule of which will become almost vertical.

This concept was first proposed by the American mathematician, science fiction writer Vernor Vinge. He assumed that if the humanity managed to avoid the death of the civilization to the present day, then the singularity will occur because of the progress in the field of artificial intelligence, the integration of man with the computer or other methods of increasing the mind. According to Vinge strengthening the mind at some point should lead to positive feedback: intelligent systems can create even more intelligent systems and do it faster than the original designers; people and the world will change more than we can imagine it. Suddenly it turns out that our deterministic space (real, virtual) is populated by super-intelligent creatures

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

whose actions are subject to precise regulation.

It is difficult and not available for our understanding that such technologies will simulate the non-local nature of the surrounding world; they will construct the social reality and surpass the person; they will begin to manage financial markets, information flows, and scientific research and, ultimately, they will create a trap – the "framework" which probably will not break out any more. "Technology will reach such perfection that a person can do without himself," said the Polish philosopher and writer Stanislav Jerzy Lec. His point of view is shared by Bill Gates, the American entrepreneur, public figure, one of the creators of the largest company "Microsoft": "I am in that camp, which is concerned about the prospect of developing super intelligence. At first machines will perform most of the work for us, but they will not have super intelligence. It's good if we manage it right. In a few decades, artificial intelligence will become sufficiently developed to become a cause for concern. "

The modern space is created by the collective intelligence and activity of all people, but the sphere of human life activity is already subordinated imperceptibly to the conditions in which technologies predominate, being nowadays the means and tools for planning, managing and controlling the individual algorithm of human development and the global world. The pressing of technology is obvious in the symbiosis of technology and man; it determines the present and shapes the future, but nobody knows what will be the result in this set of opposites that develop according to the rules of the man. It is necessary to study further the problem of artificial intelligence to clarify the similarity and the difference between artificial and human intelligence.

SECTION 18. DIGITAL COMMUNICATION

UDC 654

Astakhov N.V., Bashkirov A.V, Bobylkin I.S., Muratov A.V., Khoroshaylova

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

M.V. Analysis of various models of ldpc decoder using fpga

Анализ различных моделей LDPC декодера с использованием плис

Astahov Nikolai,
Candidate of technical Sciences, docent of the Department "Design and manufacture of radio", Voronezh state technical University (VGTU)
Bashkirov Alexey,
Candidate of technical Sciences, docent of the Department "Design and manufacture of radio", Voronezh state technical University (VGTU)
Babilkin Igor,
Candidate of technical Sciences, docent of the Department "Design and manufacture of radio", Voronezh state technical University (VGTU)
Muratov Alexander,
Doctor of technical Sciences, Professor of the Department "Design and manufacture of radio", Voronezh state technical University (VGTU)
Horoshailova Marina,
Postgraduate student of the Department "Design and manufacture of radio", Voronezh state technical University (VGTU)
Астахов Николай Владимирович,
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)
Башкиров Алексей Викторович,
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)
Бобылкин Игорь Сергеевич,
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)
Муратов Александр Васильевич,
Доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)
Хорошайлова Марина Владимировна,
Аспирант кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)

Abstract. *This article provides an overview of the various models of LDPC decoders. A completely flexible LDPC decoder with a partially parallel architecture was developed, which provides the best solution for high-speed decoding, and also takes up less space.*

Keywords: *LDPC decoding, decoding algorithm, decoder architecture, parity check matrix, Tanner graph.*

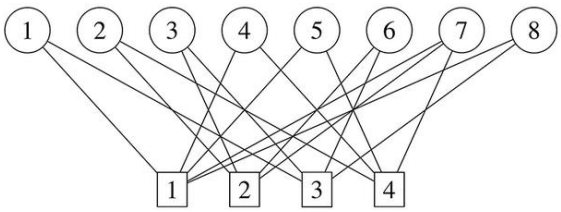
Аннотация. *В этой статье представлен обзор различных моделей LDPC декодеров. Разработан полностью гибкий декодер LDPC с использованием частично параллельной архитектуры, который обеспечивает лучшее решение для высокоскоростного декодирования, а также занимает меньшую площадь.*

Ключевые слова: *LDPC декодирование, алгоритм декодирования, архитектура декодера, матрица проверки четности, граф Таннера.*

Теоретические основы декодирования LDPC. Коды LDPC представляют собой класс линейных алгебраических кодов, определяемых малой матрицей

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

проверки чётности H. Код LDPC также может быть представлен двудольным графом, называемым графом Таннера. Этот граф содержит два типа узлов: переменные или битовые узлы - соответствующие столбцам в матрице H и битам кодового слова - и проверяющие узлы - соответствуют строкам в H-матрице и уравнениям проверки на четность. Контрольный узел подключается к переменному узлу, если соответствующее значение в матрице проверки на четность отличное от нуля. На рис. 1 изображена простая матрица проверки на четность и связанный с ней граф Таннера [1 – 4]. Декодирование LDPC выполняется итеративным способом, состоящим из обмена сообщениями между проверочными и переменными узлами вдоль краев графов Таннера в несколько итерациях. Этот тип декодирования называется декодированием передачи сообщений (message passing MP). Коды LDPC, определенные в стандартах связи или хранения, используют матрицы проверки на четность, состоящие из тысяч столбцов, таких как столбцы 2304 для столбцов WiMAX, 64800 для столбцов DVB-S2 или 1944 для Wi-Fi. Число ненулевых записей в каждом столбце представляет собой переменную степень узла -d_v, а число ненулевых элементов в каждой строке в H-матрице представляет собой степень проверочного узла d_c. Код LDPC считается регулярным, если все строки / столбцы в матрице проверки на четность содержат равное количество ненулевых записей, в противном случае код LDPC является нерегулярным.



$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Рисунок 1. Матрица проверки четности и связанный с ней граф Таннера

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Для обеспечения эффективных аппаратных реализаций в большинстве стандартов используются квазициклические коды LDPC (QC-LDPC). Эти подклассы кодов LDPC представляют собой высокоструктурные матрицы проверки на четность, определенные блоками циркулирующих матриц. Код QC-LDPC определяется базовой матрицей B, состоящей из -1 элементов и неотрицательных элементов. Матрица проверки четности H получается из матрицы B следующим образом: -1 элементы расширяются на z * z всю 0 матрицу, а неотрицательные элементы в матрице B разворачиваются на перестановучную матрицу z * z, с неотрицательным элементом. Коэффициент z известен как коэффициент расширения для кода QC-LDPC. На рис. 2 изображена матрица B для кода WiMAX LDPC, скорость ½, с 2304 столбцами и 1152 строками и коэффициент расширения 96. Горизонтальный слой матрицы H определяется как набор из z последовательных строк, которые соответствуют одной строке в пределах базовой матрицы. Также могут использоваться составные слои, состоящие из целочисленных кратных z строк в матрице проверки на четность [5 – 7].

-1	94	73	-1	-1	-1	-1	-1	55	83	-1	-1	7	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	27	-1	-1	-1	22	79	9	-1	-1	-1	12	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	24	22	81	-1	33	-1	-1	-1	0	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
61	-1	47	-1	-1	-1	-1	-1	65	25	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	39	-1	-1	-1	84	-1	-1	41	72	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	46	40	-1	82	-1	-1	-1	79	0	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	95	53	-1	-1	-1	-1	-1	14	18	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1
-1	11	73	-1	-1	-1	2	-1	-1	47	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1
12	-1	-1	-1	83	24	-1	43	-1	-1	-1	51	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	94	-1	59	-1	-1	70	72	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1
-1	-1	7	65	-1	-1	-1	-1	39	49	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0
43	-1	-1	-1	-1	66	-1	41	-1	-1	-1	26	7	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0

Рисунок 2. Базовая матрица WiMAX для скорости ½ кода LDPC [2].

Декодирование MP LDPC может выполняться с использованием разных стратегий планирования. Эти стратегии указывают порядок, в котором расчетный узел и вычисления переменных узлов выполняются во время

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

итераций декодирования. Можно использовать два типа стратегий: затопленные (flooded) и многоуровневые (layered). flooded декодирование представляет собой обычный подход для декодирования: каждая итерация состоит из обновления сообщений в контрольных узлах, которые затем передают свои выходные сообщения в переменные узлы, которые, в свою очередь, обновляют свои соответствующие сообщения. Используя эту стратегию, как переменные узлы, так и контрольные узлы обновляются один раз за итерацию. Многоуровневое планирование состоит из разбиения матрицы проверки на четность в горизонтальных слоях.Эти слои обрабатываются последовательным образом, в то время как обновления контрольного узла на одном и том же уровне обрабатываются аналогичным образом с flooded планированием. Обновления переменных узлов выполняются после каждой обработки слоя. Поэтому при многоуровневом планировании обновления на итерацию на уровне переменных узлов равны количеству слоев. Многоуровневое планирование имеет два основных преимущества в отношении flooded: (i) более быстрая конвергенция и (ii) сокращение потребности в памяти [8]. Преимуществом flooded подхода является повышение устойчивости к ошибкам в аппаратных архитектурах [9], а также возможность очень высокой пропускной способности из-за высокого уровня параллелизма на уровне декодера.

Декодирование LDPC может выполняться различными типами алгоритмов с различными возможностями коррекции ошибок. Их можно разбить на два основных класса:

- Алгоритмы жесткого решения: эти алгоритмы основаны на 1-битных сообщениях, обмениваемых между процессорами. К таким алгоритмам относятся bit-flipping, спуск градиента и вероятностное сбрасывание градиента, Gallagher-A и Gallagher-B. Преимущество этих алгоритмов представлено низкими требованиями в отношении использования ресурсов и энергопотребления. Их главный недостаток представлен их низкой

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

способностью исправления ошибок в отношении алгоритмов с мягким решением, как для моделей каналов BSC, так и для BIAWGN [10].

- Алгоритмы с мягким решением: эти алгоритмы используют сообщения, квантованные на нескольких битах (обычно между 3 и 7), которые обмениваются между переменными узлами и проверочными узлами. Реализация аппаратных решений для алгоритмов с мягким решением значительно дороже в отношении версий с жестким решением. Однако, используя мягкое декодирование, коды LDPC могут иметь возможность приближения к возможностям исправления ошибок, которые делают их подходящими кандидатами для широкого диапазона стандартов связи.

Наиболее важный класс декодирования LDPC с мягким решением представлен алгоритмом минимальной суммы (MS) и его вариантами: смещение MS (OMS) [10], нормализованная MS (NMS) [10], самокорректирующаяся MS (SCMS) [11], и итеративное декодирование с конечным алфавитом (FAID) [12]. В этих алгоритмах используются следующие сообщения [13]:

1) Входной коэффициент логарифмического правдоподобия (LLR): эти сообщения представляют входной сигнал от канала связи. Для модели канала BSC, используемой в системах хранения, входной LLR находится на 1 бит, тогда как для модели канала BIAWGN, используемой в беспроводной связи, входной LLR квантуется несколькими битами. Входной LLR обозначается как γ и квантуется по *quant*(γ) биты.

2) Сообщения переменных узлов: эти сообщения являются выходами блоков проверочных узлов и служат в качестве входов для блоков с переменными узлами. Эти сообщения обозначаются как α и квантуются на *quant*(α) биты.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

3) сообщения проверочного узла: эти сообщения представляют выходные данные переменных узлов и являются входами для контрольных узлов. Эти сообщения обозначаются как β и квантуются на *quant*(β) биты.

4) Апостериорно LLR (AP-LLR): эти сообщения представляют собой выходные данные каждой итерации / уровня декодирования. Выходной сигнал декодера задается знаком AP-LLR. Он обозначается как $\tilde{\gamma}$

Flooded MS-декодирование кодов LDPC состоит из нескольких итераций, где каждое сообщение переменного узла и сообщение контрольного узла обновляется один раз. Каждая итерация состоит из следующих шагов [5, 13]:

1) Обновление переменного узла

$$\alpha_{i,j} = \gamma_i + \sum_{k \in \{C(i) \setminus j\}} \beta_{i,k}, \forall j \in C(i)$$

$$\tilde{\gamma} = \gamma_i + \sum_{k \in C(j)} \beta_{i,k}, \forall j \in C(i)$$

2) Обновление проверочного узла

$$sign(\beta_{l,j}) = \prod_{k \in \{V(l) \setminus j\}} sign(\alpha_{l,k}), \forall j \in V(l)$$

$$|\beta_{l,j}| = \min(\alpha_{l,k}), \forall j \in V(l), k \in \{V(l) \setminus j\}$$

C(i) обозначает все сообщения контрольного узла, связанные с переменным узлом i, тогда как V(l) обозначает все сообщения переменного узла, связанные с контрольным узлом l. Число переменных узлов равно числу столбцов в матрице проверки на четность, а число контрольных узлов равно числу строк в матрице H.

Многоуровневое декодирование выполняется поэтапно, причем каждый уровень состоит из следующих этапов [8,13]:

1) Обновление переменного узла

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$\alpha_{i,j} = \tilde{\gamma}_i - \beta_{i,j}, \forall j \in V(i)$$

2) Обновление проверочного узла

$$sign(\beta_{i,j}) = \prod_{k \in \{V(i) \setminus j\}} sign(\alpha_{i,k}), \forall j \in V(i)$$

$$|\beta_{i,j}| = \min(\alpha_{i,k}), \forall j \in V(i), k \in \{V(i) \setminus j\}$$

3) AP-LLR обновление

$$\tilde{\gamma}_i = \alpha_{i,j} - \beta_{i,j}, \forall j \in V(i)$$

Как для потокового, так и многоуровневого планирования декодирование останавливается либо при обнаружении кодового слова - все уравнения проверки на четность удовлетворяются, либо когда достигается максимальное количество итераций.

MS-декодирование как в многоуровневых, так и в затопленных стратегиях включает простые арифметические операции, выполняемые на небольших операндах (3-8 бит). Изменения в алгоритмах улучшения эффективности декодирования целевого алгоритма MS. OMS и NMS основаны на том факте, что минимальное вычисление на уровне контрольного узла представляет собой переоценку сообщения контрольного узла [10]. Поэтому оба подхода пытаются уменьшить значение сообщения контрольного узла, вычисленного блоком контрольного узла.

Подход OMS использует дополнение -1 от абсолютного значения βi, j, чтобы уменьшить его значение. Вычисление контрольного узла в алгоритме OMS становится следующим:

$$sign(\beta_{i,j}) = \prod_{k \in \{V(i) \setminus j\}} sign(\alpha_{i,k}), \forall j \in V(i)$$

$$|\beta_{i,j}| = \min(\alpha_{i,k}), \forall j \in V(i), k \in \{V(i) \setminus j\}$$

$$|\beta_{i,j}| = |\beta_{i,j}| - 1$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

В методе NMS используется масштабирование абсолютного значения βi, j для уменьшения его значения с помощью коэффициента нормировки λ (обычно с умножением 0,75 или 0,875). Вычисление контрольного узла в алгоритме NMS становится:

$$sign(\beta_{i,j}) = \prod_{k \in \{V(i) \setminus j\}} sign(\alpha_{i,k}), \forall j \in V(i)$$

$$|\beta_{i,j}| = \min(\alpha_{i,k}), \forall j \in V(i), k \in \{V(i) \setminus j\}$$

$$|\beta_{i,j}| = \lambda * |\beta_{i,j}|$$

SCMS представляет собой подход, целью которого является улучшение возможности коррекции ошибок путем стирания сообщений переменных узлов, которые меняют свой знак после итерации [11]. Процесс стирания не может выполняться в двух последовательных итерациях. Модификация обновления переменного узла для многоуровневого планирования для алгоритма SCMS:

$$\alpha_{i,j}^{new} = \tilde{\gamma}_i - \beta_{i,j}, \forall j \in V(i)$$

$$e_{i,j}^{new} = (!e_{i,j}^{old}) \& (sign(\alpha_{i,j}^{new}) \oplus sign(\alpha_{i,j}^{old}))$$

$$\alpha_{i,j} = \begin{cases} \alpha_{i,j}^{new}, e_{i,j}^{new} = 0 \\ 0, e_{i,j}^{new} = 1 \end{cases}$$

FAID декодирование направлено на улучшение области зоны ошибки в декодировании LDPC. Он изменяет операции с переменными узлами путем реализации на основе отдельной специализированной функции для обновления сообщения с переменным узлом на основе информации о канале и сообщений контрольного узла [12]. Для потокового планирования обработка переменных узлов становится:

$$\alpha_{i,j} = FAID(\gamma_i, \beta_{i,k}), \forall j \in C(i), \forall k \in \{C(i) \setminus j\}$$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$\tilde{\gamma}_i = \gamma_i + \sum_{k \in C(j)} \beta_{i,k}, \forall j \in C(i)$$

Реализация функции FAID выполняется с использованием выделенных справочных таблиц (LUT). Сложность этих таблиц зависит от квантования сообщения контрольного узла и степени переменной d_v.

Реализация гибкого декодера. Изучив различные типы реализации декодера LDPC в литературе, было принято решение остановиться на архитектурной конструкции. Для изучения была выбрана частично параллельная архитектура, поскольку она имеет преимущество последовательной конструкции, будучи гибкой, имея при этом некоторые из преимуществ скорости, предлагаемых параллельной конструкцией. Компромисс между скоростью декодирования и сложностью реализации может быть сделан путем изменения числа параллельных обрабатывающих узлов в конструкции. Основной целью является гибкость, декодер должен быть в состоянии реализовать любой данный код (до максимальных проектных ограничений) без изменения конструкции декодера.

Архитектура состоит из ряда (P) процессоров, блока сообщений перестановки и логического блока управления [14 – 16].

Существует небольшое число битовых (проверочных) процессоров, которые означают битовые (проверочные) узлы в графе Таннера, что каждому проверочному процессору присваивается подмножество этих узлов. Сами процессоры отвечают за хранение входящих сообщений, выполнения операций узлов и пересылки исходящих сообщений, в то время как назначение узлов для процессоров обрабатывается блоком управления.

Процесс декодирования состоит из четырех отдельных частей, как показано на рис. 3. Бит для проверки и проверки к битам половины итераций повторяются заранее определенное количество раз до вывода декодированного кодового слова. Число итераций может быть небольшим,

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

около десяти, чтобы сохранить небольшим время декодирования. Никаких проверок для действительного кодового слова не выполняется; время для выполнения проверки идет до тех пор, пока бит (или проверка) половина итерации и поэтому выполнение каждой итерации приведет к увеличению времени итераций на одну треть. С помощью небольшого числа итераций, выгода от досрочного прекращения, вероятно, будет способствовать увеличению времени цикла.

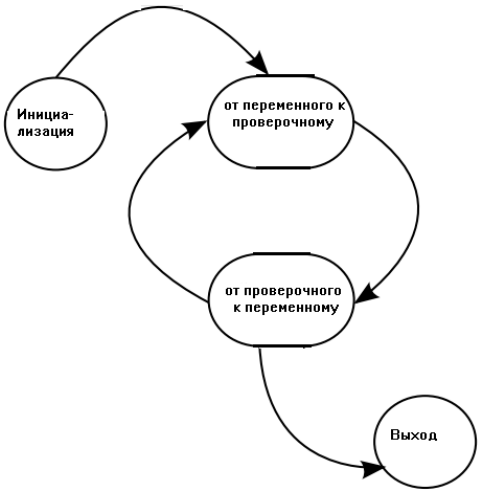


Рисунок 3. Конечный автомат для декодера

Инициализация. В процессе инициализации, измерения каналов загружаются в блоки переменного процессора.

- От переменного к проверочному

В процессе передачи от переменного к проверочному узлу половину итерации, процессор переменного узла выполняет функцию переменного узла.

$$Q_{ij} = \lambda_j + \sum_{\alpha \in c[j] \alpha \neq i} R_{\alpha j}[k-1]$$

В первой итерации нет входящих сообщений, и процессор выводит измерение канала. Сообщения потока из процессоров переменных узлов, через перестановочный блок сообщений и в правильном порядке процессора переменного узла.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

- От проверочного к переменному

В процессе передачи от проверочного к переменному узлу половину итерации, процессор проверочного узла выполняет функцию проверочного узла.

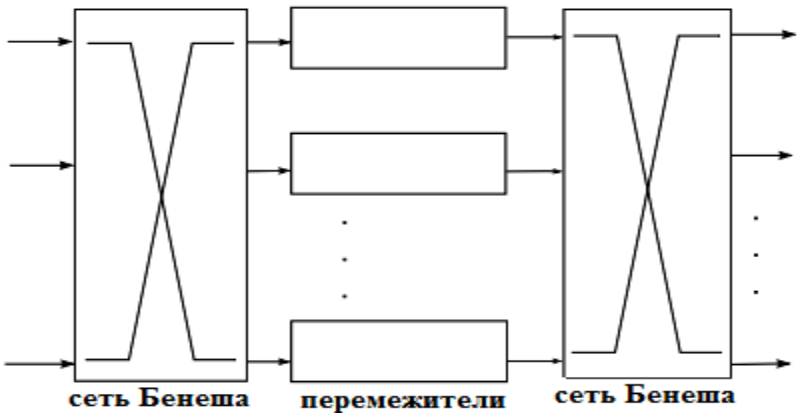
$$R_{ij} = 2\tanh^{-1} \prod_{\alpha \in V[j] \alpha \neq i} \tanh\left(\frac{Q_{\alpha j}}{2}\right)$$

Сообщения потока из процессоров проверочных узлов, через перестановочный блок сообщений и в правильном порядке процессора проверочного узла.

- Вывод. После нескольких итераций от переменного к проверочному узлу и от проверочного к переменному узлу циклов, декодер переходит на выходной каскад.

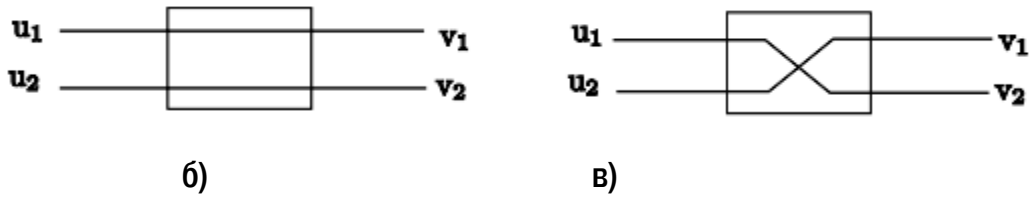
Блок перестановки сообщения. Блок сообщений перестановки лежит в основе гибкости декодера. Здесь цель состоит в том, чтобы соединить процессоры переменных узлов к процессорам проверочных узлов (и наоборот), так что б процессор проверочных узлов получал входящие сообщения, в порядке графа Таннера.

Блок сообщений перестановок состоит из сетей Бенеша координатных переключателей с банком перемежителей между ними, как показано на рис. 4.



а)

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru



б) в)

Рисунок 4. а) Блок перестановки сообщения; б) элементарная ячейка переключения сброса; в) элементарная ячейка переключения установки.

Входящие сообщения первыми переставлены в пространстве самой левой сети Бенеша, а затем хранятся в банках перемежителя. Банки перемежителя затем переставляют исходящие сообщения во времени, прежде чем они снова будут переставлены в пространстве правой сети Бенеша. Эти временные и пространственные перестановки дают полную гибкость, позволяя входящим сообщениям прийти к правильному выходу в требуемом порядке. Конфигурация для сетей Бенеша и банка перемежителя изменяется каждый тактовый цикл в соответствии с планированием конфигурацией, хранящейся в блоке управления.

Многоступенчатая коммутационная сеть Бенеша устраняет необходимость в большой емкости координатного коммутатора, заменив его с целым рядом простых 2 входов, 2 выходов, переключающихся элементов, как показано на рис. 4 N (где $N = 2^r$) входная сеть может быть построена рекурсивно с использованием элементарных ячеек и 2 $\frac{N}{2}$ входных сетей, как показано на рис. 5.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

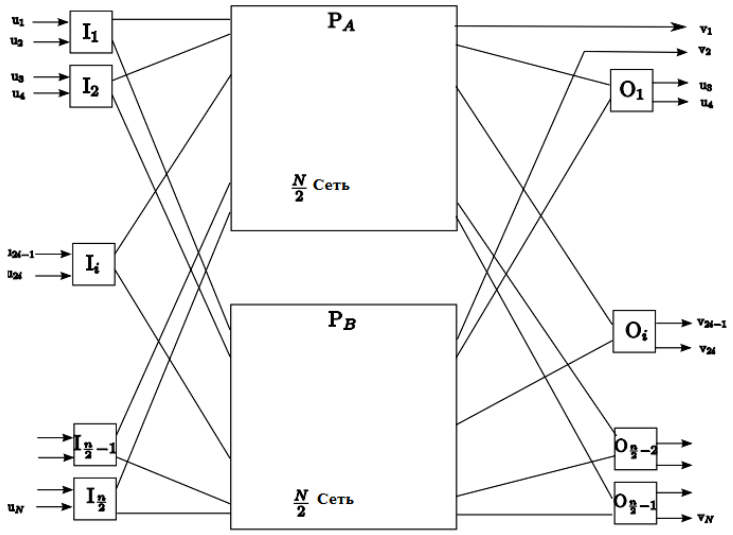


Рисунок 5. Вход сети Бенеша

I_i элементарные переключатели соединены с входами, каждый коммутатор подключается к верхнему (P_A) и нижнему (P_B) $\frac{N}{2}$ сетей Бенеша. O_i являются элементарными переключателями, подключенными к выходам сети Бенеша, каждый коммутатор соединен с верхним (P_A) и нижним (P_B) перестановочными подблоками. Этот процесс разложения повторяется до тех пор, пока остаются элементарные ячейки.

Для N входа сети Бенеша будет Nlog2N - 1 ступени, а $\frac{N}{2}$ переключается на каскад. Будет использоваться верхний правый переключатель, и он будет (произвольно) находиться в состоянии сброса, как показано на рис.5. Количество требуемых переключателей будет Nlog2 N - N + 1.

Процесс поиска настроек переключения для заданных настроек ввода-вывода разбивается на 3 задачи:

- Получение перестановочной матрицы;

Матрица перестановок получается начиная с установки переключателя в правый верхний угол, входы и выходы подключены к верхнему $\frac{N}{2}$

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

перестановочному подблоку (P_A), и которые соединены с нижним $\frac{N}{2}$ перестановочным подблоком (P_B).

- Найти настройки коммутатора;

Матрица перестановок используется для нахождения параметров элементарных переключателей.

- Найти карту перестановок для верхнего и нижнего подблоков;

Зная, какие входы и выходы подключены к верхней и нижней перестановочным подблокам, процесс может быть разложен рекурсивно. Снова начать процесс на верхнем блоке, а затем на нижнем блоке. Этот процесс повторяется до тех пор, пока не достигнет элементарного переключателя подблока.

Устройство управления. Блок управления отвечает за реализацию конечного автомата, показанного на рис. 3, который включает в себя установку соответствующих линий управления для переменных и проверочных процессоров, а также блок сообщения перестановки. Конфигурация для кода хранится в блоке ПЗУ в блоке управления, который содержит изменяющиеся во времени параметры для сетей Бенеша и области перемежения в перестановке блока сообщений, а также присвоение переменных и проверочных узлов на соответствующие процессоры. Несмотря на то, что эта реализация использует ПЗУ для файла конфигурации, может быть использована другая энергонезависимая система хранения, такая как флэш-память.

Гибкость. Эта архитектура декодера, посредством использования блока сообщений перестановки, является гибкой в том, что она дает любой конкретный код, который будет использоваться. Чтобы использовать новый код, конфигурация генерируется в автономном режиме, загружается в блок ПЗУ в блоке управления без изменения конструкции декодера. Блок ПЗУ содержит

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

время изменения конфигурации из процессоров. Архитектура также поддерживает нерегулярные коды с некоторыми ограничениями.

Архитектура блоков декодера. Приведены архитектуры, для следующих блоков: переменные узлы (VN), проверочные узлы (CN), сеть перестановок Бенеша.

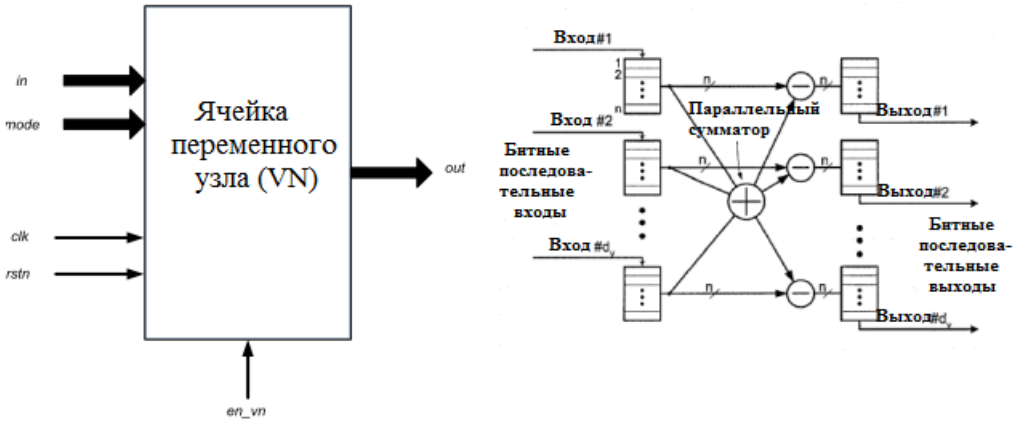
Переменные узлы. Архитектура переменного узла (VN) приведена на рис. 6. Переменный узел выводит сумму всех входящих сообщений кроме входов, на которых ребра суммы.

VN ячейка содержит два переменных узла (рис. 6в). Простейшая VN ячейка состоит из двух VNcell 2x2 узлов, группы сумматоров и мультиплексоров. Мультиплексоры обеспечивают входную и выходную возможность программирования контролируемого режима ввода. Выход всего сигнала добавляется к узлам VN,чтобы правильно совместить выходы отдельных VN ячеек.

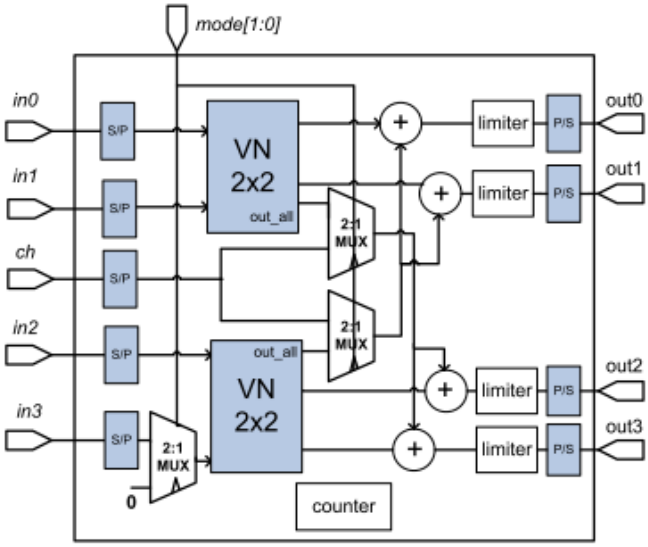
Последовательный-параллельный (S / P) и параллельно-последовательный (P / S) интерфейсы используются на границах ячеек. Дополнительный блок ограничений реализуется на выходе, чтобы избежать переполнения сигнала в результате суммирования.

VN ячейка (рис.6) может быть сконфигурирована как два отдельных VN 2 × 2 узла или как один 2 × 2 узел и один 1 × 1 VN узел или в виде одного 4 × 4 VN узла, или в виде одного 3× 3 VN узла.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru



а) б)



в)

Рисунок 6. Архитектура переменного узла:

а) интерфейс ячейки VN; б) архитектура узла VN;

в) архитектура VNcell 2x2.

Проверочные узлы. Как показано на рис. 7б), произведение знаков рассчитывается с помощью XOR дерева путем извлечения подписанного бита из LLR входа, реализован как конечный автомат (FSM), показанной на рис.7г) в качестве дискретной логики.

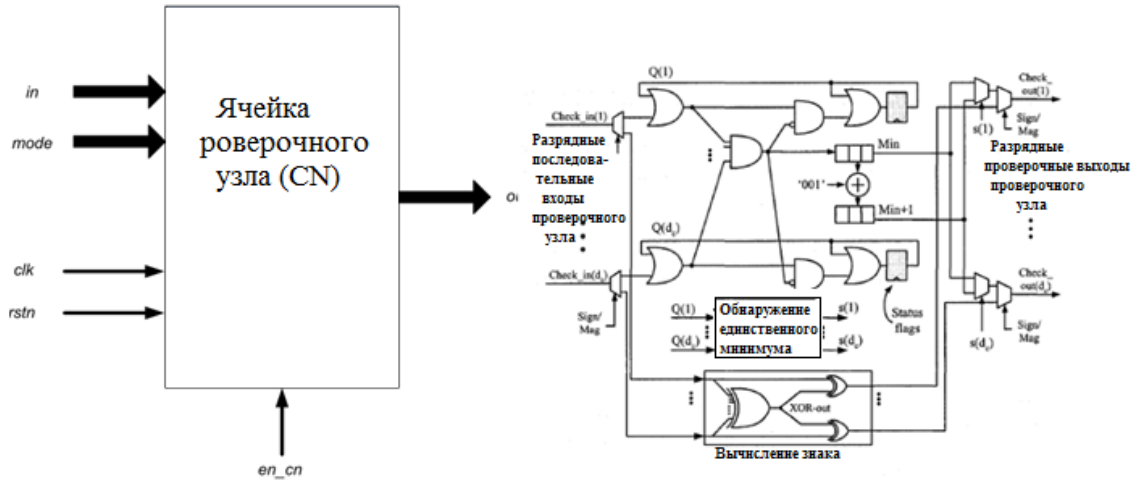
Конечный автомат отслеживает поступающие величины битов для вычисления минимум всех входов и определяет, является ли минимальный вход

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

единственным. Поскольку входные биты прибывают последовательно (MSB первый), чередуется FSM между следующими тремя состояниями: 1. Живой: вход может быть потенциально первым минимумом. 2. Полуживой: вход не может быть первым минимум, но является потенциальным кандидатом для второго минимума. 3. Мертвый: вход может не быть ни первым, ни вторым минимумом.

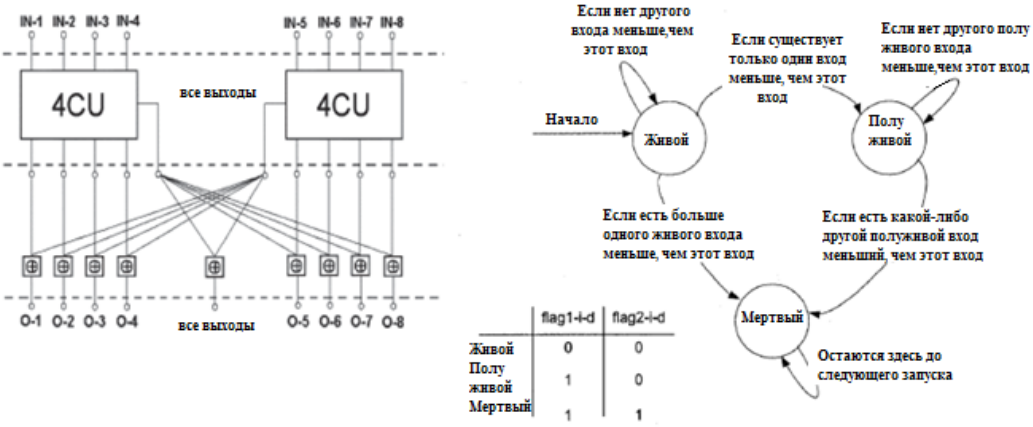
Все входы устанавливаются, чтобы быть в живом режиме. По мере того как новые биты прибывают, минимальная входная величина и его единственность идентифицируются. В случае если минимальный вход единственный, его значение увеличивается на 1.

Подобно архитектуре блоков переменных узлов, архитектура CN узлов 4 × 4 показан на рисунке 2.11в. Входные и выходные мультиплексоры используются для конфигурирования NceII 4 × 4 в следующих комбинациях узлов CN: (4,4), (4,3), (3,4), (3,3), (8), (7) , (6), где (x, y) представляет собой степень отдельных узлов CN. Чтобы правильно объединить выходы отдельных узлов CN (например, в случае (8), (7) и (6)), требуется вычислить дополнительный минимум и знак. Это вносит дисбаланс в латентности для различных конфигураций ячейки CN.



а) б)

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru



в) г)

Рисунок 7. Архитектура проверочного узла: а) интерфейс CN блоков; б) архитектура CN узла; в) Архитектура 4x4; г) диаграмма состояний CN FSM

Сеть перестановки Бенеша. Сеть перестановки Бенеша служит гибкими внутренними соединениями между проверочными и переменными узлами. Она определяет матрицу низкой плотности проверок на четность поддерживаемых кодов LDPC. Сеть Бенеша представляет собой особый тип сети Клоса. Это столкновение свободной сети, состоящей из перекрестных / штриховых коммутаторов с симметричными управляющими сигналами. Коммутатор 2 × 2 конфигурируется как крест, когда бит управления является одним, а также штрихами, в противном случае. На рисунке 2.12, показанны 8 × 8 и 10 × 10 реализации сети Бенеша. Сеть Бенеша с N входами имеет 2 $\log_2 N$ - 1 ступени, каждая ступень содержит N / 2, 2 × 2 коммутаторов для общей сложности $N\log_2 N$ – N/2 коммутаторов. Таким образом, сложность сети Бенеша растет как O (N log N) с числом входов N.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

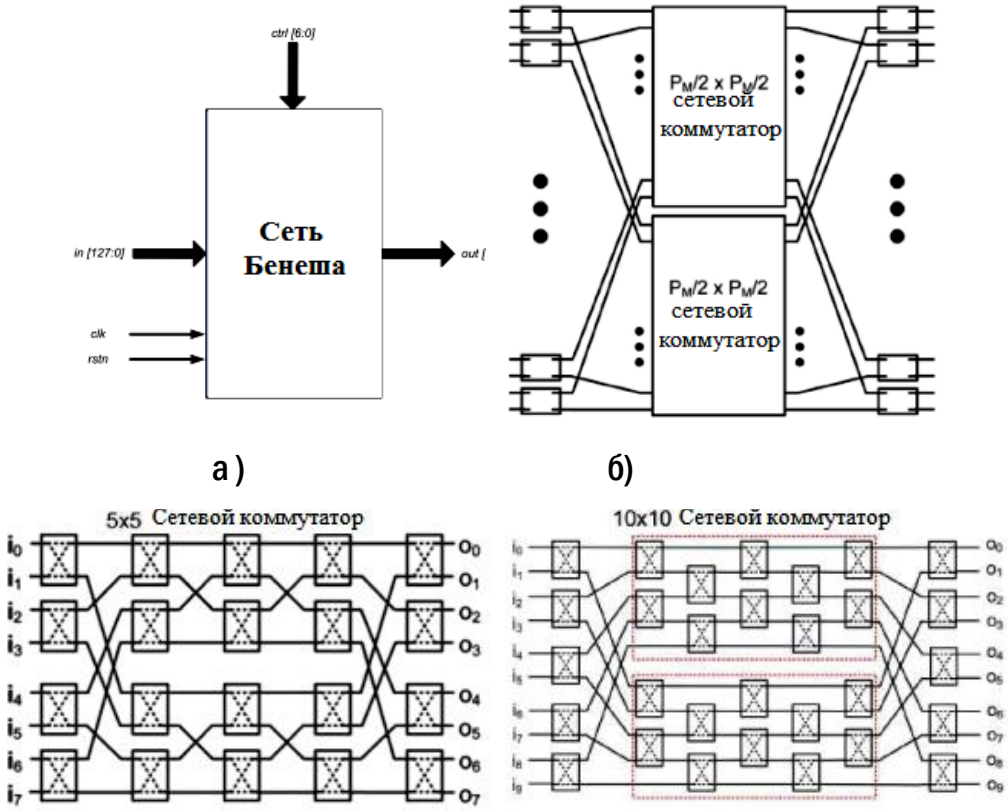


Рисунок 8. Архитектура сети Бенеша: а) Интерфейс; б) Общая архитектура Бенеша; в) 8×8 архитектура; г) Эффективная площадь коммутатора.

Заключение. В этой статье был проведен обширный обзор существующих исследовательских работ по гибким декодерам LDPC. Мы разработали полностью гибкий декодер LDPC, используя частично параллельную реализацию, и обнаружено, что декодер работает с тактовой частотой 11,2ns (максимальная частота работы составляет 89,29 МГц). Исходя из этих результатов, мы пришли к выводу, что предлагаемая архитектура обеспечивает лучшее решение для высокоскоростного декодирования, а также занимает меньшую площадь.

References

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

1. D. E. Hocevar, «A reduced complexity decoder architecture via layered decoding of LDPC codes,» in IEEE Workshop Signal Process. 2004.

2. J. Huang, S. Zhou, and P. Willett, “Nonbinary LDPC coding for multicarrier underwater acoustic communication,” IEEE J. Sel. Areas Commun., 2008.

3. V. Savin, “Min-Max decoding for non binary LDPC codes,” in Proc. (IEEE) International Symposium on Information Theory, Toronto, Canada, 2008.

4. Башкиров А.В. Модель масштабируемого LDPC-декодера низкой мощности с использованием алгоритмического синтеза высокого уровня / А.В. Башкиров, Л.Н. Коротков, М.В. Хорошайлова // Вестник ВГТУ, Том 12, № 1, 2016. – С. 65-69.

5. Башкиров А.В. Реализация LDPC-декодера на массивно-параллельных вычислительных устройствах / А.В. Башкиров, А..Ю. Савинков, М.В. Хорошайлова // Вестник ВГТУ, Том 11, № 6, 2015. – С. 97-99.

6. Khoroshaylova M.V. THE LDPC DECODER ARCHITECTURE / M.V. Khoroshaylova, Антропоцентрические науки: инновационный взгляд на образование и развитие личности. Материалы II-ой международной научно-практической конференции : в 2-х частях. под ред. Э. П. Комаровой. Воронеж, 2015. С. 227-228.

7. Низкоплотностные коды малой мощности декодирования / Башкиров А.В., Муратов А.В., Хорошайлова М.В., Ситников А.В., Ермаков С.А. // Радиотехника. 2016. № 5. С. 32-37.

8. D. J. C. MacKay, “Good error-correcting codes based on very sparse matrices,” IEEE Trans. Inf. Theory, 1999.

9. J. Huang, S. Zhou, and P. Willett, “Nonbinary LDPC coding for multicarrier underwater acoustic communication,” IEEE J. Sel. Areas Commun., 2008.

10. V. Savin, “Min-Max decoding for non binary LDPC codes,” in Proc. (IEEE) International Symposium on Information Theory, Toronto, Canada, 2008.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

11. Башкиров А.В. Алгоритмы низкой сложности декодирования и архитектура для недвоичных низкоплотностных кодов / А.В. Башкиров, М.В. Хорошайлова // Радиотехника. 2016. № 6. С. 10-14.

12. V. Nagarajan, S. Laendner, N. Jayakumar, O. Milenkovic, and S. P. Khatri, “High- throughput vlsi implementations of iterative decoders and related code construction problems," J. VLSI Signal Process. Syst., vol. 49, no. 1, pp. 185-206, 2007.

13. J.-Y. Lee and H.-J. Ryu, “A 1-Gb/s flexible ldpc decoder supporting multiple code rates and block lengths," Consumer Electronics, IEEE Transactions on, vol. 54, pp. 417-424, May 2008.

14. Chuan Zhang, Zhongfeng Wang, Jin Sha, Li Li, and Jun Lin ,” Flexible ldpc decoder design for multigigabit-per-second applications,” Circuits and Systems, IEEE Transactions on, vol. 57, pp. 116-124, Jan. 2010.

15. A. Tarable, S. Benedetto, and G. Montorsi, “Mapping interleaving laws to parallel turbo and LDPC decoder architectures," Information Theory, IEEE Transactions on, vol. 50, no. 9, pp. 2002-2009, Sept. 2004.

16. S. Johnson, “Introduction to ldpc codes," in ACoRN Spring School on Coding, Multiple User Communications and Random Matrix Theory, 2006.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 654

Bashkirov A.V. Model of the nonbinary LDPC decoder of low complexity based on the extended algorithm Min-Sum

Модель недвоичного LDPC декодера низкой сложности на основе расширенного алгоритма Min-Sum

Bashkirov Alexey,
Candidate of technical Sciences, docent of the Department "Design and manufacture of radio",
Voronezh state technical University (VGTU)
Башкиров Алексей Викторович,
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)

Abstract. *This article is aimed at reducing computational complexity, focusing on the verification matrix (MCH) modifications, which improved decoding performance with reduced computational complexity. The weak point of the model is a large memory requirement and more intensive computations. Modifications in the EMS algorithm can be included to develop the low complexity of the hardware architecture of the NB-LDPC decoder. An analysis of the performance of modified parity check matrices in terms of the bit error rate (BER) for the length of the IEEE 802.11n and 504 code is described. A computational analysis of the modified parity check matrices is described. The analysis of the efficiency of the lower diagonal parity check matrix (NDM) and on the basis of the double diagonal parity check matrix (DDM) is analyzed by BER graphs and also computational complexity is estimated. The amount of calculation is much less in NDM than in other matrices. It is concluded that on the basis of NDM, MCH structures are suitable for moderate decoding performance with less computational complexity and based on DDM MCH structures are applicable for better decoding performance with compromise on computational complexity.*

Keywords: *parity check matrix, min-sum decoding algorithm, binary diagonal parity check matrix, lower diagonal parity check matrix.*

Аннотация. *Эта статья направлена на уменьшение вычислительной сложности, основное внимание уделяется проверочной матрице (МКЧ) модификациях, в которых улучшена производительность декодирования с пониженной вычислительной сложностью. Слабым местом модели является большое требование к памяти и более интенсивными вычислениями. Модификации в алгоритме EMS могут быть включены для разработки низкой сложности аппаратной архитектуры NB-LDPC декодера. Приведен анализ производительности модифицированных матриц контроля по четности с точки зрения коэффициента битовых ошибок (BER) для длины кода стандарта IEEE 802.11n и 504. Описан вычислительный анализ модифицированных матриц контроля по четности. Предложен анализ эффективности нижней диагональной матрицы контроля четности (НДМ) и на основе двойной диагональной матрицы контроля четности (ДДМ) анализируются BER графиков и также оцениваются вычислительные сложности. Количество вычисления гораздо меньше в НДМ по сравнению с другими матрицами. Сделан вывод, что на основе НДМ структуры МКЧ подходят для умеренной производительности декодирования с меньшей сложностью вычислений и на основе ДДМ структур МКЧ применимы для лучшей производительности декодирования с компромиссом по вычислительной сложности.*

Ключевые слова: *матрица контроля по четности, алгоритм декодирования min-sum, двоичная диагональная матрица контроля четности, нижняя диагональная матрица контроля четности.*

Введение. Коды низкой плотности проверок на четность (LDPC) представляют собой линейный блоковый код, имеющий производительность

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

декодирования близкую к пределу Шеннона. Недвоичный LDPC код относится к классу двоичных LDPC, который работает на более высоких порядках поля Галуа. Производительность декодирования недвоичных (NB) LDPC лучше, чем двоичных LDPC для умеренных длин кода. Увеличение вычислений с увеличением порядка поля является серьезной проблемой в аппаратной реализации NB-LDPC. Расширение обычного алгоритма суммы-произведения, известный как расширенный алгоритм Min-Sum (EMS), с пониженной вычислительной сложностью используется в данной работе. Тем не менее, существует компромисс между сложностью вычислений и производительностью декодирования.

LDPC коды привлекли большое внимание из-за их отличной производительности исправления ошибок и близких к пределу Шеннона. Из-за мощной возможности коррекции ошибок, коды LDPC были использованы в области беспроводной связи, оптической и магнитной записи и цифрового телевидения. Используются в таких стандартах, как DVB-S2, WiMAX, WLAN, устройств хранения данных и так далее. Двоичные низкой плотностью проверок на четность (LDPC) коды, выявленные Галлагера в 1962 г. [1, 2] были вновь открыты и показали возможности приблизиться к пределу Шеннона в конце 1990 годов. Недвоичных LDPC (NB-LDPC), рассматриваются как расширение двоичных кодов. Впервые они был исследован Дэви и Маккей [3]. NB-LDPC-коды имеют преимущество в производительности над двоичными кодами. Упрощенный алгоритм декодирования с низкой плотностью проверок на четность (LDPC) кодов в высоких порядках поля Галуа предлагается уменьшить сложность традиционного алгоритма суммы-произведения (SPA) [4]. Алгоритм min-sum распространен на любое конечное поле порядка q, только выполняются дополнения и никакой информации о канале не требуется.

На основе упрощенного алгоритма min-sum построена архитектура декодера, в которой применяемый метод проектирования увеличивает

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

параллелизм и пропускную способность в три или четыре раза. Сложность декодирования уменьшается при использовании расширенного алгоритма Min-Sum (EMS). Он также работает с логарифмическим отношением правдоподобия (LLR); логарифмический домен является предпочтительным, так как он требует только операции суммы. Это также уменьшает вычислительную нагрузку в обновление проверочного узла. Данная работа направлена на уменьшение аппаратной сложности, а также уменьшение требований к памяти посредством модификации матрицы контроля по четности. Частота появления ошибочных битов (Bit-Error-Rate, BER) для наилучших показателей матрицы контроля по четности NB используется в стандарте IEEE 802.11n с длиной кода 648 и используется в данной работе.

Представление недвоичных LDPC кодов. Коды LDPC представляются матрицей проверки на четность. Количество ненулевых элементов в каждой строке матрицы контроля по четности является w_r и w_c – число ненулевых элементов в каждом столбце. Что бы матрица была низкой плотности, должно выполняться условие $w_c << n$ и $w_r << m$. (m, n) – количество строк и столбцов, присутствующих в матрице контроля четности. Рис. 1 показывает матричное представление NB-LDPC, вычислительная нагрузка в проверочном узле в основном зависит от количества ненулевых элементов, присутствующих в матрице контроля четности (МКЧ).

$$H = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 3 & 0 & 0 & 2 & 0 & 3 \\ 0 & 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 3 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Рисунок 1. Пример матрицы контроля четности

Графическое представление. Граф Таннера является эффективным графическим представлением для LDPC кодов. Графы Таннера являются двудольными графами. Узлы графа разделены на два отличительных набора

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

узлов и ребер подключения узлов двух разных типов. Эти два типа узлов в графе Таннера называются переменными узлами (V-узлы) и проверочными узлами (C-узлы), как показано на рис. 2.

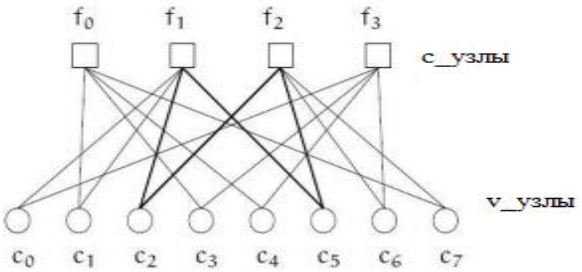


Рисунок 2. Представление графа Таннера

Проверочные узлы и переменные узлы представляют число строк и столбцов в матрице проверки на четность, соответственно. Всякий раз, когда, отличный от нуля элемент присутствует в МКЧ, это указывает на образование ребра между проверочным и переменным узлами. Вычислительная сложность графа Таннера зависит от проверочного узла.

Алгоритм MIN-SUM. Алгоритм Min-Sum с соответствующими изменениями дает незначительное снижение производительности. Она работает на логарифмическом отношении правдоподобия, что требует только суммы и операции сравнения, это также уменьшает вычислительную нагрузку в обновление проверочного узла.

1) Инициализация. Все сообщения, переданные от переменного узла к проверочному узлу инициализируются $L_n(a)$/ логарифмическое отношение правдоподобия относительно символа a. Это зависит от типа канала в ходе исследования.

$$L_n(a) = In\left(\Pr\left(c_n = s_n \mid \frac{channel}{\Pr(c_n = a \mid channel)}\right)\right) \quad (1)$$

$$Q_{mn}(a) = L_n(a) \quad (2)$$

где s_n обозначает наиболее вероятный символ “a”.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

2) Обновление переменного узла. Все сообщения из проверочных узлов обновляются, используя:

$$R(a) = \min_{(a_{n'})_{n\in N(m)\{n\}}\in A_{mn}(a)} \left(\sum_{n\in N(m)\{n\}} Q_{mn}(a)\right) \quad (3)$$

$$A_{mn}(a) := \left\{a_{n'-} \mid h_{mn}a + \sum_{n\in N(m)\{n\}} h_{mn}a_{n'}\right\} \quad (4)$$

Где $A_{m,n}(a)$ это множество векторов, которые состоят из символов поля Галуа. Каждый вектор состоит из N(m)-1 символов поля Галуа, что удовлетворяет проверочному уравнению. N(m) обозначает совокупность соседних переменных узлов, подключенных к проверочным узлам m.

3) Обновление проверочного узла. Все сообщения из переменных узлов обновляются, используя:

$$Q'_{mn}(a) = L_n(a) + \sum_{m'\in M(n)\{m\}} R_{mn'}(a) \quad (5)$$

$$Q'_{mn} = \min_{a\in GF(q)} Q'_{mn}(a) \quad (6)$$

$$Q_{mn}(a) = Q'_{mn}(a) - Q'_{mn} \quad (7)$$

M(n) обозначает набор ближайших проверочных узлов, соединенных с переменным узлом n.

4) Предварительное декодирование. Оценка переменного узла осуществляется с использованием уравнения

$$Q_n(a) = L_n(a) + \sum_{n\in M(n)} R_{mn}(a) \quad (8)$$

$$\overline{C}_n = \arg\min(Q_n(a)) \quad (9)$$

$$c = \left[\overline{C}_0\overline{C}_1.....\overline{C}_{N-1}\right] \quad (10)$$

в "Min" функции возвращают минимальное и максимальное значения среди своих входов, соответственно. Если C подтверждается, чтобы быть допустимым кодовым словом или максимальное число итераций L достигается, то процесс декодирования будет прекращен. В противном случае будет начата другая итерация декодирования. Но если действительное кодовое слово не

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

получается до максимального значения итераций декодирования, то процесс останавливается.

Измененная матрица проверки на четность. Прочность LDPC определяется количеством ненулевых элементов, присутствующих в матрице контроля по четности. Вычислительная сложность возрастает с увеличением числа ненулевых элементов. Увеличение разреженности матрицы проверки на четность, в свою очередь, уменьшает вычислительная сложность. МКЧ имеет следующие структурные свойства.

- каждая строка имеет вес w_r;
- каждый столбец имеет вес w_c;
- две строки (или два столбца) не имеют более чем одного положения, где они оба имеют ненулевые элементы.

Изменения

С помощью генерируемой случайным образом матрицы проверки на четность, предлагаем две модификации, чтобы снизить вычислительную сложность, сохраняя структурные свойства МКЧ. Две модификации, а именно,

- Нижняя диагональная матрица контроля четности;
- Двойная диагональная матрицы контроля четности.

Нижняя диагональная матрица контроля четности (НДМ). Здесь основное внимание уделяется диагональным элементам матрицы. Здесь в первом виде, предлагаем модифицированную структуру МКЧ, где измененные диагональные элементы нижней части матрицы МКЧ. Нижняя матрица контроля четности по диагонали в размере (12, 24), показана на рис. 3.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

$$\left[\begin{array}{cccccccccccc|cccccccccccc}
1&0&0&2&0&0&1&1&0&0&0&1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&2&0&0&3&3&0&0&2&0&0&2&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&2&2&0&0&1&0&0&2&1&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
1&0&1&0&0&0&2&2&0&0&1&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&1&0&3&1&0&0&1&0&0&0&3&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&2&0&1&3&0&0&0&1&3&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\
1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0\\
0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0\\
0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\
0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\
0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1
\end{array}\right]$$

Рисунок 3. Нижняя диагональная матрица контроля четности

Структура матрицы в виде

$$H = \lfloor H_{QC} \mid I \rfloor \tag{11}$$

H_{QC} – квази-циклическая матрица;

I – единичная матрица.

Разработана математическая модель в отношении первого предложения может быть дано следующим образом:

Формирование матрицы определяется с моделью определения положения единичной матрицы (IM) и случайной матрицы (RM). Пусть ζ есть элемент в матрице контроля по четности, определенной. Упоминание размещение IM как

$$\zeta = \text{IM для } \{r/2 \text{ к } r,\ s/2 \text{ к } s\} \tag{12}$$

$$\zeta = \text{RM для } \{1 \text{ к } r/2\} \tag{13}$$

Двойная диагональная матрицы контроля четности (ДДМ). Во втором предложении, МКЧ оформлена с использованием матрицы двойной диагональной идентичности. В этой системе отсчета работы также, свойства матрицы в недвоичном коде в GF(q) сохраняются. Формирование матрицы определяется с моделью идентификации единичной матрице (IM) и избыточной

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

единичной матрицы (RIM) . ДДМ матричная структура размером (12, 24), показана на рис. 4.

$$\zeta = \text{IM для } \{r, s/2 \text{ к } s\} \quad (14)$$

$$\zeta = \text{RM для } \{r, 1 \text{ к } s/2\} \quad (15)$$

$$\left[\begin{array}{cccccccccccc|cccccccccccc}
1&0&0&2&0&0&1&1&0&0&0&1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
1&1&0&0&3&3&0&0&2&0&0&2&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&1&1&0&0&1&0&0&2&1&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0\\
1&0&1&1&0&0&2&2&0&0&1&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0\\
0&1&0&1&1&0&0&1&0&0&1&3&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0\\
0&0&2&0&1&1&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0&0\\
0&3&0&3&0&1&1&2&0&2&3&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0&0\\
2&0&0&0&2&0&1&1&0&2&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
1&0&0&1&0&0&0&1&1&0&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0\\
2&0&2&0&0&1&0&0&1&1&2&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\
0&0&2&1&0&0&3&0&0&1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\
0&2&0&0&2&0&2&0&3&0&1&1&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1
\end{array}\right]$$

Рисунок 4. Двойная диагональная матрица контроля четности

Анализ производительности. Min-sum декодирования недвоичных кодов LDPC закодированы с использованием MATLAB, и производительность декодирования двух различных матриц контроля по четности получены для спецификации IEEE 802.11n по каналом АБГШ. Нанесены кривые производительности как частоты появления ошибочных битов (BER) для диапазона сигнала к шуму. Для анализа берется длина кода 648 с кодовой скоростью ½. Код длины 504 также выбирается для исследования передачи сообщения под водой.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

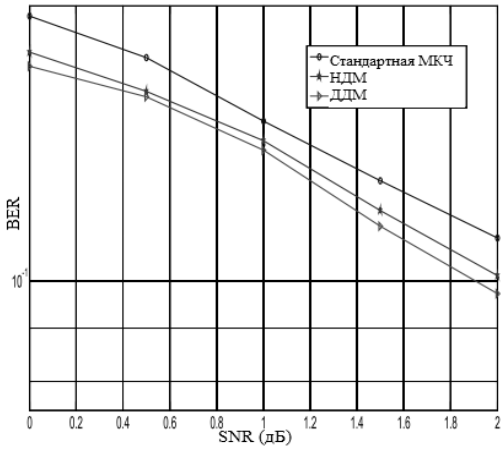


Рисунок 5. Сравнение производительности BER длины кода 504 для GF (4)

Увеличивая порядок поля Галуа эффективности декодирования также увеличивается. Производительность BER строится как для GF (4) и GF (8) при длине кода 648 и 504. Производительности BER длины кода 504 для GF (4) и GF (8) показаны на рис. 5. и рис. 6. Из этих цифр сделан вывод, что скорость BER ДДМ меньше по сравнению со стандартной МКЧ и НДМ. Производительность декодирования кодов NB-LDPC улучшается с увеличением длины кода. Доказано, что с модифицированными матрицами контроля четности, улучшенная производительность достигается при более высокой длине кода. Производительность декодирования ДДМ меньше по сравнению с другими матрицами. Это дает лучшую производительность декодирования.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

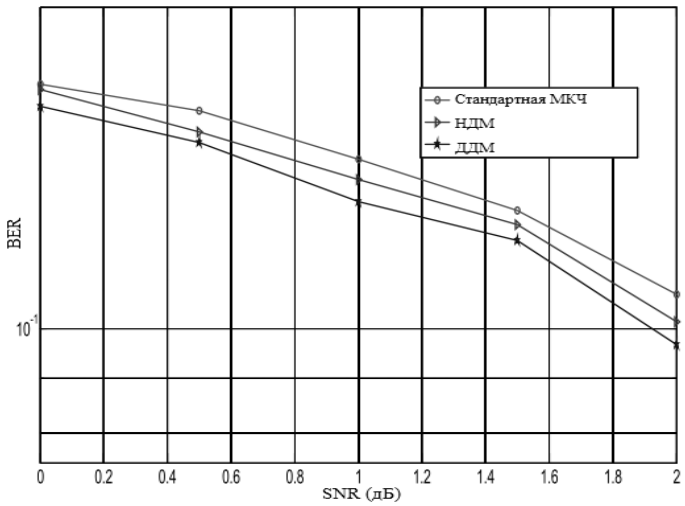


Рисунок 6. Сравнение производительности BER длины кода 504 для GF (8)

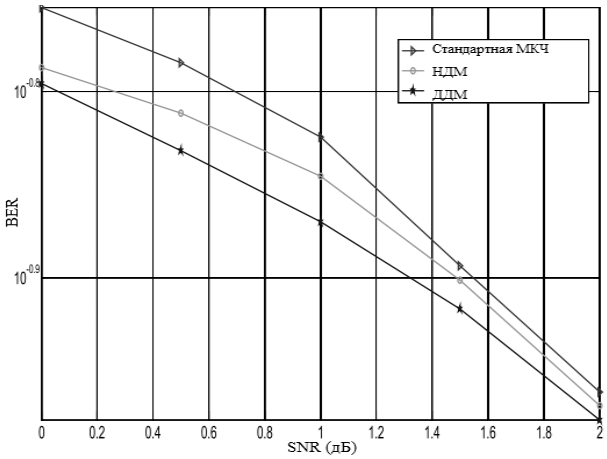


Рисунок 7. Сравнение производительности BER длины кода 648 для GF (4)

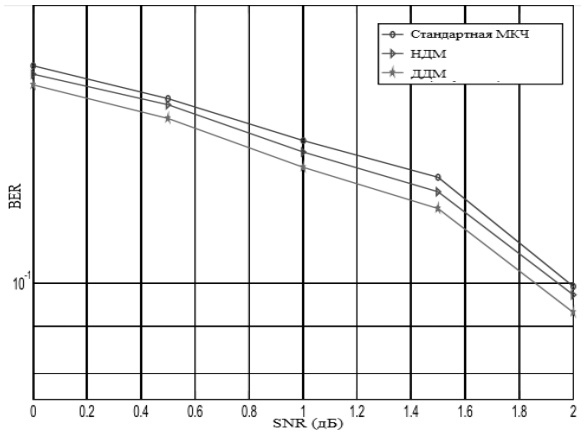


Рисунок 8. Сравнение производительности BER длины кода 648 для GF (8)

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Вычислительный анализ. Важность предложенных структур матриц анализируется со сложностью вычислений, участвующих в ней. Анализ прочности каждого из предлагаемых модифицированных структур МКЧ сделаны для размера матрицы из (12x24).

Таблица 1 показывает, какова вычислительная сложность для проверочной матрицы (МКЧ), двойной диагональной матрицы контроля четности (ДДМ) и нижней диагональной матрицы контроля четности (НДМ). Это показывает, что число сложения и операций сравнения в блоке проверочных узлов (CNu) и блоке переменных узлов (VNu) для НДМ является меньшим, так как количество ненулевых элементов в ней меньше по сравнению со стандартной МКЧ и ДДМ.

Таблица 1

Вычислительная сложность min-sum декодирования с измененными матрицами контроля по четности

Расчеты	Стандартная МКЧ	НДМ	ДДМ
Количество операций сложения в CNu	$m(qn_r - 1)$	$m(qn`_r - 1)$	$m(qn``_r - 1)$
Количество операций сравнения в VNu	$n(qn_c - 1)$	$n(qn`_c - 1)$	$n(qn``_c - 1)$

Где q – порядок поля Галуа;

m – число строк в МКЧ;

n – число столбцов в МКЧ;

n_r – вес строки в МКЧ;

n_c – вес столбца в МКЧ;

$n`_r$ – вес строки в НДМ;

$n`_c$ – вес столбца в НДМ;

$n``_r$ – вес строки в ДДМ;

$n``_c$ – вес столбца в ДДМ;

Таблица 2 показывает, какое количество сложения и количество сравнения в CNU и VNU для стандартной МКЧ, ДДМ и НДМ для площади матрицы 12x24. По

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

сравнению со стандартным МКЧ число операция сложения и операций сравнения меньше для нижней диагональной матрицы контроля четности, для двойной диагональной матрицы контроля четности цифровые вычисления высоки по сравнению со стандартной МКЧ. Но производительность ДДМ лучше других матриц.

Таблица 2

Количество вычислений в измененных матрицах контроля четности

Расчеты	Стандартная МКЧ		НДМ		ДДМ	
	сложение	сравнение	сложение	сравнение	сложение	сравнение
В CNu	276	276	180	180	304	304
В VNu	264	264	168	168	292	292

Заключение. В данной работе предложены две модификации в структуре МКЧ, в которых улучшена производительность декодирования с пониженной вычислительной сложностью. Предложен анализ эффективности нижней диагональной матрицы контроля четности (НДМ) и на основе двойной диагональной матрицы контроля четности (ДДМ) анализируются BER графиков и также оцениваются вычислительные сложности. Количество вычисления гораздо меньше в НДМ по сравнению с другими матрицами. Сделан вывод, что на основе НДМ структуры МКЧ подходят для умеренной производительности декодирования с меньшей сложностью вычислений и на основе ДДМ структур МКЧ применимы для лучшей производительности декодирования с компромиссом по вычислительной сложности.

References

1. Gallager, R.G. (1962):Low density parity check codes,IRE Trans.Info.Theory, Vol. IT-8,pp.21-28.

2. Gallager, R.G. (1963):Low-Density Parity-Check codes,MIT press,Cambridge,MA.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

3. Davey, M;Mackay, D. (1998):Low-density parity-check codes over GF(q),IEEE communication letter., vol.2, no.1, pp. 165-167,January.

4. Mackay, D.J;Neal, R. (1996):Near Shannon-Linit performance of low density parity-check codes,"vol. 32,pp. 1645-1646.

5. Башкиров А.В. Модель масштабируемого LDPC-декодера низкой мощности с использованием алгоритмического синтеза высокого уровня / А.В. Башкиров, Л.Н. Коротков, М.В. Хорошайлова // Вестник ВГТУ, Том 12, № 1, 2016. – С. 65-69.

6. Башкиров А.В. Реализация LDPC-декодера на массивно-параллельных вычислительных устройствах / А.В. Башкиров, А..Ю. Савинков, М.В. Хорошайлова // Вестник ВГТУ, Том 11, № 6, 2015. – С. 97-99.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 19. INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS

UDC 629.35

Mizanbekov I.T, Nurmanbekova G.K. Directions of state-private partnership in transport transportation

Mizanbekov I.T,
undergraduate
Kazakh national agrarian university
Nurmanbekova G.K. c.e.s., a. professor
Kazakh national agrarian university

Abstract. *The development of public-private partnership in the transport of grain and grain products. It was revealed that the interaction between the state and business is beneficial and stimulates the use of modern methods of project and corporate governance. The role of JSC "Astyk Trans", which is one of the leading operators in the market of railway transportation of grain and grain products in Kazakhstan.*

Keywords: *public - private partnership, transport, transportation, grain, state, business, mechanism*.

Enterprises of the transport sector are of strategic importance for the development of the country's economy. However, the state does not always have sufficiently effective tools for managing them, as well as the necessary amount of resources for continued support and development. In such cases, this form of interaction between government and business is used, such as public-private partnership.

Public - private partnership (PPP) in the railway sector is a mechanism that involves investing resources in the overall project of each party. The private sector not only invests financial resources, but also shares professional experience, effective management, flexibility and promptness in decision-making, the ability to innovate.The participation of business in joint projects accompanies the introduction of more effective methods of activity, the improvement of technology, the

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

development of new forms of organization of production, the formation of new enterprises.

The contribution of the state to PPP projects is the provision of property for possession, use, the possibility of tax and other benefits, guarantees and co-financing of projects. The interests of the state and the private sector may be of opposite nature. Therefore, the conclusion of a partnership agreement must be preceded by difficult negotiations of the parties in order to take into account the interests of both sides.

The development of public-private partnership in rail transport is hindered by the lack of competition and the insufficient level of development of entrepreneurship in the sphere of rail transportation. Large business is striving to obtain more income, but at the same time, business is not ready to solve problems on solving all-republic problems and developing social infrastructure[1].

Private business should also be interested in the formation of new, efficient management mechanisms. The state taking into account the current state of the railway transport takes measures to develop the activities of transport companies on a competitive basis, introducing alternative forms of management and redistribution of public investment on the principles of public-private partnership.In the medium and long term, these measures should contribute to the emergence of the private sector interests that coincide with national priorities. In modern conditions, the optimal forms of PPP in railway transport are concession contracts in the form of creating vertically integrated structures controlled by the state and joint investments.

In order to increase the fleet of grain carriers within the framework of the Program for Development and Integration of the Infrastructure of the Transport System of the Republic of Kazakhstan until 2020, a joint venture was established with the participation of Kazakhstan and Russian operators of grain wagons «Kaztemirtrans» JSC and «Rusagrotrans» CJSC (Russia) - JSC «AstykTrans». The main activity of JSC "Astyk Trans" is the operation of a specialized rolling stock for

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

the transportation of grain, the provision of freight forwarding services for transportation of agricultural products in domestic and international communications.

The creation of the joint venture JSC« Astyk Trans» became a major project for the interaction of the public sector represented by the state-owned company «Kaztemirtrans» JSC and private company ZAO« Rusagrotrans» , which joined together to effectively implement the state policy on grain exports.

Therefore, the partnership of the state and business in the country's transport sector makes possible the implementation of many fairly promising projects that open the possibility of its more efficient work and achieve better results in areas where market failures or government inefficiency are particularly noticeable[2].

In the republic prerequisites for the development of public-private partnership are created, the regulatory framework is formed, the PPP Center is created, which deals with both consulting and project support. The interaction of the state and business is beneficial for both parties, it makes it possible to reduce the number of ineffective state investment projects, stimulating the use of modern methods of project and corporate governance, but the experience developed by foreign practice should be taken into account.

The transport and logistics system is the main instrument for the realization of economic ties between the regions of Kazakhstan, as well as the main conductor of the export of Kazakhstani goods to world markets. JSC Astyk Trans is currently one of the largest operators in the market of railway transportation of grain cargo in Kazakhstan. This company, which is a joint Kazakh-Russian enterprise, provides forwarding services for the railway transportation of Kazakh grain and agricultural products in domestic and export directions.

In terms of export shipments, JSC "AstykTrans" accounts for 34,787 carloads, which is 50.3% of transportation by "JSC" "KTZ" and 94% in Kazakhstan, or 42042 carloads. The share of JSC "Astyk Trans" in the general transportation

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

amounted to 68% or 76829 VO, incl. export - 51% or 34787 wagons, in the RK - 94% or 42042 wagons.

The volume of transportation of grain cargo of JSC« Astyk Trans» decreased to 5 100 thousand tons, including exports decreased to 2 316 thousand tons, intra-republican traffic to 2 787 thousand tons.

The overall decline in traffic for the year 2016 and a decrease in the share in export deliveries is due to the following reasons:

- stagnation in the market of transportation of agricultural goods in the first half of 2016, in particular for the products of the agro-industrial complex,

- unfavorable results of the harvest in 2014,

- an increase in Kazakhstani grain exports from the second quarter of 2015 in private wagons-grain carriers of Russian owners (price dumping, application of preferential transportation conditions on the territory of the Russian Federation),

- the main (missed) volume of traffic falls on the Baltic ports,

- a decrease in the share of JSC «Astyk Trans» in the export message due to accounting for the loading of grain cargo in all kinds of railway vehicles with the increase in the total loading of covered, special open wagons, mineral wagons,

- the fleet of grain wagons owned by JSC Astyk Trans (87% with a service life of more than 27 years), is unable to compete with the modernized and / or new fleet of grain wagon wagons owned by owners from the RK or the CIS, and also does not meet the technical requirements for the organization of export operations.

In addition to the reduction in the physical volumes of transportation of Kazakhstan grain cargoes, the competitive advantages of market participants, including primarily price dumping, led to a reduction in the share of Astyk Trans in total supplies, primarily due to a decrease in the share of participation in the export message (51 % vs. 76% of the 2015 period).

The assessment of the technical (and commercial) state of the car fleet of JSC Astyk Trans, which is uncompetitive in comparison with the modernized and new fleet

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

of grain wagon wagons as owners of the RK, as well as the assessment of the technical (and commercial) state of the fleet owners from the CIS and the EU (Ukraine, Latvia, Lithuania), and also does not meet the technical requirements for the organization of export shipments.

Taking into account the volume of the current year's harvest, which is much higher than the average annual rates (gross collection of 23.5 million tons), and that annually JSC «Astyk Trans» carries out about 94% of the requirements for intra-republican transportation of grain cargo in grain wagons, , that in the near future, the existing proportions of dominance of JSC «Astyk Trans» in transportation across the republic will continue their trend.

Following the results of 2016, the share of JSC «Astyk Trans» in the market of freight forwarding for the transportation of grain cargo amounted to: 57.3% of the total market, 63.2% in grain-wagons; 39.4% of the total in the export message, 45.3% in the grain wagons; 90% of all intra-republic communications, 92.9% in grain wagons. The society and the state represent in the railway modern requirements of the industry, which can not be achieved with the current state of the industry. Railway transport has a high cost due to underdeveloped infrastructure associated with the deterioration of wagons, incomplete coverage of the road network with electric stoves and other technical problems.

There are imperfect mechanisms for the introduction of scientific and technical developments, inadequate access and processing capacity of individual stations and sections of the railway network, inadequate efficiency of maintenance of the road network, including capital, average, current repairs and maintenance, etc.

The prolonged underfunding of the entire transport industry involved in the organization of international freight transport has led to the fact that the quality and throughput of the transport system cease to meet the growing demand from domestic and foreign carriers[3].

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

A significant part of the transport infrastructure and transit potential, working with excess of the nominal load, gradually loses its technical characteristics.

In addition, infrastructure constraints, the potential transit flow, face a number of so-called "non-physical" barriers, the most important of which is corruption, unreasonable delays and procedural difficulties in customs and border control. The complex development of transit corridors with the introduction of innovative technologies that ensure a through tariff, speed of delivery, cargo safety, safety of information and the absence of administrative barriers by border and customs services.

A particular problem is the insufficient capacity of the existing transport and logistics centers (TLC) on the border with China, which is a key exporter to Western Europe, a transit route that passes through Kazakhstan, as well as a weak presence at key points of formation and repurchase of goods outside the country - to China, Russia and Western Europe. One of the reasons for this is the lack of a systematic approach to the development of the TLC network. Only recently ICBC "Khorgos" has started to develop, which will allow to remove restrictions of carrying capacity on the border with China. The reason for the weak presence of the Republic of Kazakhstan in foreign points of formation and return of goods is a lack of active position in the development of alliances and partnerships with foreign players, weak coordination of the development of international transport corridors with the countries through which they pass.

There is a limited opportunity to ensure that containers cause a shortage of containers, which also reduces the ability of Kazakhstan to increase the volume of transit cargo, and China does not provide a container for the transport of goods. It aggravates the situation, the classification of containers, rolling stock, which increases their use and marginal traffic volumes due to a shortage of fitting platforms.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

In order to develop competition on the railways, the state takes measures to introduce new technologies for management and redistribution of public investments, primarily on the principles of PPP. In the future, these measures should lead to the emergence of business interests that coincide with national priorities. Taking into account the abovementioned circumstances, in modern conditions and optimal forms of public-private partnership in rail transport, not only direct investments should be recognized, but also a concession in the form of creating vertically integrated structures whose activities will be under strict state control [4].

Implementation of the market structure of perfect competition in the transport sector is not possible for the following reasons. The main feature of perfect competition is the availability of a large number of independently operating "sellers", have little control over the price of the product and the availability of a standardized product.

Each specific type of railway transport activity, in fact, is almost unique in its parameters. The current price-list for services (tariffs for the transport of goods) by rail is artificially aggregated taking into account the kind of cargo and the belt range, and even then, consists of tens of thousands of positions. That is, rail transport is highly differentiated, with a large number of suppliers, in the absence of a dominant supplier in the market, automatically leads to a market model with monopolistic competition.

The institutional structure of the industry provides for gradual increase and deregulation of tariffs of JSC "NC" KTZh ", attraction of private investments in the industry.

On the basis of the public-private partnership, JSC Astyk Trans launched a single portal of information IT support for processes integrated with the programs of Kaztemirtrans JSC and Rusagrotrans CJSC, which made it possible to automate the application process, to monitor cars at any stage of the traffic, to optimize processes

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

of dispersion of the rolling stock taking into account the requirements of the market and the execution of shippers' applications in the shortest possible time.

Further development of JSC Astyk Trans provides for the implementation of activities arising from the state policy in the development of the agro-industrial complex of Kazakhstan "Strategy" Kazakhstan - 2050 ": the new political course of the state", as well as the program documents of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, including " Programs for the development of the agro-industrial complex in the Republic of Kazakhstan for 2013-2020 "Agrobusiness 2020".

Within the framework of the integration processes of the Common Economic Space, Kazakhstan, together with the Russian Federation and Belarus, established the United Transport and Logistics Company (OTLC) on November 13, 2014, which is the operator of rail transit container services in the China / Southeast Asia-EU communication and in the opposite direction. [].

Relevance is the revival of the great "Silk Road" - the formation of a complex Eurasian transcontinental bridge. Iran is an important corridor on the way to the ports of the Persian Gulf and the Indian Ocean, as well as to the market of Turkey and the EU, and is making serious efforts to develop new transport corridors and infrastructure facilities.

Thus, with a high level of competition in the market of freight forwarding services and a constant increase in the standards of customer service, AstykTrans JSC is recommended to develop multimodal transportation of grain cargo, to automate freight forwarding activities, to expand the network of representative offices, to develop services on the principle of a "one-stop shop" thereby increasing its competitive advantages.

References

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

1. Omarov A.D, Shaltykov A.I.. The role of Kazakhstan in the creation of the Eurasian Economic Union. Zh. Industrial Transport of Kazakhstan, 2016 , No. 4, from 3-10.

2.Kenzhebaeva G.Zh., Abduganiev I.M. Analysis and methods of increasing the efficiency of transport processes. Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications, 2015 No. 1 p.27 – 33.

3.Ruban VA Problems of modernization and development of transport infrastructure in the region. Zh. Transport business of Russia, 2015, No. 1c.34-36.

4. Rodionov Yu.V. Industrial and technical infrastructure of road transport enterprises. Textbook of 2015, Ed. Phoenix, 2015. 416 p

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 20. INTERNET AND WEB APPLICATIONS

UDC 004.415

Amelkin V. Bootstrap framework integration into Iancetcms

Интеграция фреймворка Bootstrap в систему Iancetcms

Amelkin Vladimir Vladimirovich
Graduate student, Computer Science and Information Technologies Department,
Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovskiy
amel-07@mail.ru
Амелькин Владимир Владимирович
Магистрант кафедры информатики и информационных технологий,
Калужский государственный университет им. Циолковского

Abstract. *The article deals with the problem of web-page adaptability in window-based single page applications. The use of Bootstrap framework is presented as one of the solutions.*
Keywords: *web-application, CSS, SPA, Bootstrap, adaptive web-design, mobile site version.*

Аннотация. *В статье рассматривается проблема обеспечения адаптивности web-страниц оконного SPA-приложения, а также приводится вариант решения в виде использования фреймворка Bootstrap.*
Ключевые слова: *web-приложение, CSS, SPA, Bootstrap, адаптивный web-дизайн, мобильная версия сайта.*

В настоящее время индустрия мобильных устройств занимает лидирующие позиции по объёму производства, отвечая высокому потребительскому спросу. По результатам исследований компании Gartner в 2018 году прогнозируется дальнейший рост и развитие данной отрасли [1]. Подобная динамика индустрии мобильных устройств стимулирует разработчиков программного обеспечения создавать более гибкие приложения, способные к полноценному функционированию на различных платформах и операционных системах [2].

Из вышесказанного следует, что при разработке программного продукта (программы для настольного ПК, веб-приложения, информационного сайт, облачного сервиса и т.д.) следует уже на этапе проектирования закладывать возможность использования системы на мобильных устройствах, в

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

том числе, в целях обеспечения наибольшего охвата пользовательской аудитории [3]. В свою очередь, для достижения корректного отображения веб-приложений на различных устройствах при их разработке используются методы адаптивной верстки.

В проекте интерактивной оконной системы LancetCMS до определенного момента отсутствовала поддержка мобильных устройств, в плане корректного отображения содержимого на экране устройства. При тестовых запусках в мобильных браузерах содержимое запущенного модуля не масштабировалось, доступ к элементам был затруднен и возможен только с использованием функции прокрутки экрана. Требовалось внедрение технологии, которая позволила бы, во-первых, обеспечить корректное отображение содержимого при любых разрешениях экрана (адаптивность); во-вторых, позволить создавать HTML-макеты модулей приложения по определенному шаблону.

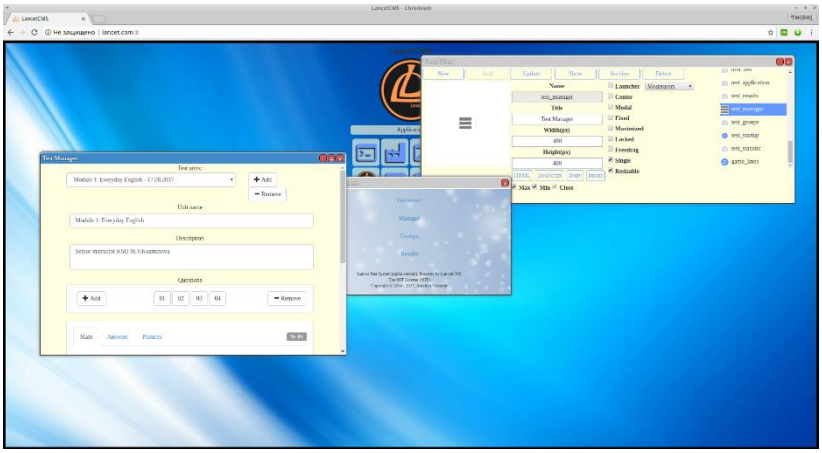


Рисунок 1. Внешний вид LancetCMS.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Рисунок 2. Проблемы верстки без адаптивности на мобильном устройстве

В настоящее время разработчикам предоставлен широкий выбор инструментов для достижения хорошей адаптивности веб-приложения. Наиболее оптимальным решением данной проблемы является использование CSS-фреймворка. По подсчетам, основанным на поисковых запросах по заданной теме, по состоянию на осень 2017 года существует более тридцати адаптивных фреймворков [4], в большинстве своём, основанных на одних и тех же принципах функционирования:

- колоночная адаптивная разметка;
- использование медиа-запросов;
- языки стилей (LESS/SASS).

Несмотря на многочисленную критику, лидирующие положения в сфере обеспечения адаптивности продолжает уверенно занимать фреймворк Bootstrap.

Применение данного фреймворка в SPA системе LancetCMS, основанной на оконной библиотеке LancetJS, оказало положительное влияние

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

на эргономику и эстетическую составляющую пользовательского интерфейса, а также на скорость разработки модулей.

Верстка в Bootstrap основывается на системе Bootstrap Grid System, которая предполагает автоматическое формирование положения столбцов в зависимости от размера экрана [5]. В системе LancetCMS свойства столбцов зависят от размеров родительского элемента, который визуализируется в качестве независимого окна того модуля, в котором они располагаются и при изменении его размеров положение и размеры столбцов согласуются с этими изменениями.

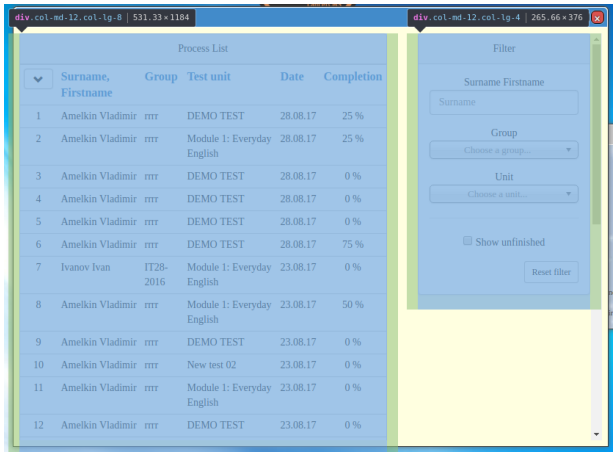


Рисунок 3. Пример расположения столбцов Bootstrap в окне LancetCMS.

Как видно из рисунка 3, LancetCMS определяет режим запуска и, в случае если приложение было запущено на мобильном устройстве, применяет необходимые свойства к объектной модели и DOM-элементам окна, разворачивая контейнер на всю видимую область экрана устройства. Bootstrap, в свою очередь, производит преобразование столбцов согласно размерам родительского элемента и указанным классам. Для div-элемента первого столбца «Process List» назначены Bootstrap-классы «col-md-12» и «col-lg-8», для div-элемента второго столбца «Filter» — «col-md-12» и «col-lg-4». Соответственно, при ширине родительского элемента менее 1200 пикселей (рис.4) начинает

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

отрабатывать класс «col-md-12» расширяя столбец на всю ширину экрана и размещая элементы вертикально.

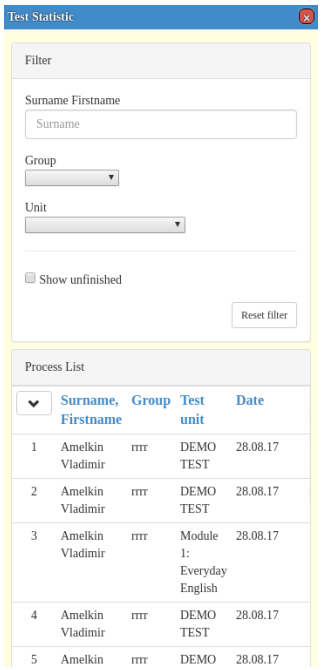


Рисунок 4. Пример отображения окна на мобильном устройстве.

В целом, стоит отметить, что интеграция Bootstrap версии 3.3.7 в SPA систему LancetCMS не потребовала внесения каких-либо изменений как в код самого проекта, так и в таблицу стилей библиотеки Bootstrap. Отчасти, этому способствовал тот факт, что в таблицах стилей этих систем нет перекрывающих друг друга классов.

Дальнейшее развитие проекта LancetCMS предполагает полный переход на платформу фреймворка Angular, который использует компонентный подход в функционировании и формировании элементов интерфейса и отвечает всем современным требованиям к организации кода веб-приложений. Данный переход, ко всему прочему, будет означать смену CSS-фреймворка на Bootstrap 4 и начало активного использования технологии CSS flexbox (Flexible Box Layout Module), а также, метаязыка SASS [6].

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Фреймворк Bootstrap 4 является дальнейшим развитием идей предыдущей версии. К настоящему времени, после двух лет активных разработок, по состоянию на середину осени 2017 года, в распоряжении разработчиков имеется уже вторая бета-версия данного фреймворка. Новый продукт исправляет многие недочеты прошлых версий и вносит новые методы построения документов, такие, например, как вёрстка с помощью технологии CSS flexbox.

Резюмируя представленную информацию, хотелось бы отметить её основные мысли:

a) обеспечение адаптивности для веб-приложения является необходимым условием в современных реалиях веб-разработки;
b) существует огромное количество библиотек, помогающих реализовать адаптивность веб-страниц и выбор одной из них для интеграции в проект зависит от поставленных задач, знаний и предпочтений разработчика.

Использование современных инструментов создания веб-приложений может способствовать:

- сохранению актуальности проекта;
- лучшей адаптивности;
- удобству сопровождения исходного кода.

Среди минусов можно выделить относительную нестабильность фреймворков находящихся в активной стадии разработки: кроме возникающих ошибок, по причине каких-либо недоработок, существует вероятность, что какая-либо применяемая конструкция фреймворка может подвергнуться некоторым изменениям, влекущим за собой необходимость доработки какой-либо части кода проекта. Но не смотря на указанные минусы, практику обеспечения адаптивности веб-приложений и актуализации проектов путем их перевода на современные фреймворки можно считать вполне оправданной.

References

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

1. Technology Research [Электронный ресурс] // Gartner, Inc. URL: http://www.gartner.com/technology/home.jsp (Дата обращения: 03.11.2017)

2. Левченко В.О., Мантуленко А.В. Адаптивный web-дизайн: актуальность, рекомендации, анализ результатов после внедрения // Вестник Самарского государственного университета. 2015. №1. С. 61–65.

3. Хабиров А.А., Шустрова М.Л. Тенденции развития мобильных интернет-технологий // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №18. С. 212–214.

4. 31 best CSS framework as of 2017 [Электронный ресурс] // URL: http://www.slant.co/topics/150/~best-css-framework (Дата обращения: 03.11.2017)

5. Машнин Т. С. Bootstrap: Быстрое создание современных сайтов. Екатеринбург: Издательские решения. 2017. 230 с.

6. Bootstrap [Электронный ресурс] // Bootstrap Authors and Twitter, Inc. URL: https://getbootstrap.com/docs/3.3 (Дата обращения: 03.11.2017)

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

SECTION 21. CURRENT ISSUES AND CHALLENGES IN APPLIED SCIENCE

UDC 57

Deryugina A.V., Ivashchenko M.N., Ignatyev P.S., Samodelkin A.G., Skvortsova G.A., Side K. R. The effect of low-intensity laser radiation on the surface architectonics of erythrocytes in norm and under stress

Действие низкоинтенсивного лазерного излучения на поверхностную архитектонику эритроцитов в норме и при стрессе

Deryugina A.V.,
doctor of biological Sciences, Professor, head of Department of physiology and anatomy, Institute of biology and Biomedicine, Nizhny Novgorod state University. N. And. Lobachevsky,
Ivashchenko M.N.,
candidate of biological Sciences, associate Professor, Department of physiology and biochemistry of animals Nizhny Novgorod state agricultural Academy,
Ignatyev P.S.,
candidate of physico-mathematical Sciences, chief designer of JSC "Production Association "Ural optical-mechanical plant. After E. S. Yalamov",
Samodelkin A.G.,
doctor of biological Sciences, Professor, head of Department of physiology and biochemistry, animals of the Nizhny Novgorod state agricultural Academy,
Skvortsova G.A.,
master of the first year of the Institute of biology and Biomedicine, Nizhny Novgorod state University. N. And. Lobachevsky,
Side K. R.,
master of the first year of the Institute of biology and Biomedicine, Nizhny Novgorod state University. N. And. Lobachevsky.
Дерюгина А.В.,
доктор биологических наук, доцент, заведующий кафедрой физиологии и анатомии Института биологии и биомедицины Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского,
Иващенко М.Н.,
кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и биохимии животных Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии,
Игнатьев П.С.,
кандидат физико-математических наук, главный конструктор АО «Производственное объединение «Уральский оптико-механический завод им. Э.С. Яламова»,
Самоделкин А.Г.,
доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и биохимии животных Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии,
Скворцова Г.А.,
магистр первого года обучения Института биологии и биомедицины Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского,
Сидей К.Р.,
магистр первого года обучения Института биологии и биомедицины Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Аннотация. *Представлены результаты влияния низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на архитектонику эритроцитов при стрессе. У стрессированных животных*

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

наблюдаются существенные сдвиги соотношения дискоцитов и патологических форм эритроцитов в сторону увеличения последних. НИЛИ не изменяет микрорельеф поверхности эритроцитов. В группе, подвергшейся действию НИЛИ после стресса, количество дискоцитов было несколько выше, чем в группе животных, подвергшихся воздействию адреналина на всем протяжении эксперимента, и восстанавливалось до значений интактной группы к первой неделе эксперимента. Таким образом, отмечен мембраностабилизирующий эффект НИЛИ, что доказывает целесообразность использования НИЛИ для повышения адаптационных возможностей и защиты организма от стресса.

Ключевые слова: *низкоинтенсивное лазерное излучение, эритроцит, стресс, архитектоника, морфология, адреналин.*

Abstract*. The effect of low-intensity laser radiation (LILI) on the architectonics of erythrocytes under stress. In stressed animals, there are significant shifts in the ratio of discocytes and pathological forms of erythrocytes in the direction of increasing the latter. LILI does not change the microrelief of the surface of red blood cells. In the group exposed to LILI after stress, the number of discocytes was slightly higher than in the group of animals exposed to adrenaline for the duration of the experiment, and recovered to values of the intact group by the first week of the experiment. Thus, the observed membrane stabilizing effect of LILI, which proves the feasibility of using LILI to enhance adaptive capacity and protect the body from stress.*

Keywords*: low-intensity laser irradiation, erythrocyte, stress, architectonics, morphology, adrenaline.*

Введение. В последние годы в экспериментальных исследованиях и клинической практике все большую актуальность приобретает внедрение лазерных технологий в различные области медицины [1]. Низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) проявляет себя как эффективное терапевтическое воздействие при различных видах патологии [2, 3]. Одним из значимых свойств НИЛИ является его активизирующее влияние на микроциркуляцию, расстройство которой наблюдается при воздействии стрессовых факторов [4]. В этом аспекте эритроциты являются важнейшей составной частью микроциркуляции, а их форма во многом определяет ее адекватность и эффективность. При этом до настоящего времени, практически отсутствует детальная картина морфологических изменений эритроцитов при воздействии НИЛИ [5].

Известно, суспензия эритроцитов состоит из клеток разной формы, основные из которых дискоциты, эхиноциты, сфероциты. Нормальный эритроцит в стационарных условиях имеет вид дискоцита. Такая форма клетки имеет площадь на 20% больше, чем у сфероцита, что является более выгодным

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

для реологических свойств крови, а также для поддержания кислородного обеспечения и прооксидантно-антиоксидантного состояния организма. По переходу дискоцита через эхиноцит в сфероцит можно судить о состоянии мембраны эритроцита под действием влияющих на нее факторов.

Указанное явилось основанием для исследования влияния НИЛИ на поверхностную архитектонику эритроцитов в норме и при стрессе.

Материалы и методы исследования. Исследование проведено на 24 нелинейных белых половозрелых крысах массой 180 – 200 г. Животных содержали в виварии, оборудованном согласно требованиям «Санитарных правил по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)» №1045-73. Опыты проводили в соответствии с правилами проведения работ и использования экспериментальных животных Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» от 18 марта 1986 г., ФЗ РФ «О защите животных от жестокого обращения» от 01.01.1997 и с нормативными документами, представленными в руководстве «Guide for care and use of laboratory animals. ILAR publication, 1996, National Academy Press».

Было сформировано 4 группы: животные первой группы служили контролем (интактные), животные второй группы подвергались воздействию НИЛИ, у животных третьей группы моделировали стресс, путем внутрибрюшинного введения адреналина в концентрации 0,1 мг/кг, животным четвертой группы - вводили адреналин в концентрации 0,1 мг/кг, а затем через 30 минут облучали НИЛИ.

В качестве источника излучения применяли аппарат лазерный терапевтический «Успех» (ГП «Восход»), работающий в импульсном режиме, с длиной волны излучения 0,8-0,9 мкм, частотой следования импульсов 415 Гц, минимальное значение плотности средней мощности излучения в плоскости выходного окна аппликатора 193 мкВт/кв.см. Воздействие проводилось на

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

затылочную область в течение 10 минут. Забор крови производили через час, сутки и неделю после начала эксперимента из подъязычной вены.

Топографию поверхности эритроцитов изучали методом лазерной интерференционной микроскопии в микроскопе МИМ-340 (Россия).

Статистическая обработка проводилась с помощью пакета программ BIOSTAT и Microsoft Excel. Для оценки достоверности различий между группами использован t-критерий Стьюдента ($p<0,05$).

Результаты и обсуждение. Морфологические исследования показали, что у стрессированных животных наблюдаются существенные сдвиги соотношения дискоцитов и патологических форм эритроцитов в сторону увеличения последних (табл. 1). Лазерное излучение не изменяет микрорельеф поверхности эритроцитов.

Таблица 1

Типы эритроцитов интактных крыс и крыс, подвергшихся стрессу (M±m при n=6)

Группа	Время после воздействия	Типы эритроцитов			
		Дискоциты	Эхиноциты	Стоматоциты	Дегенер. измененные
Интактные	1 час	86,0 ± 0,7	11,0 ±0,7	2,5 ± 0,3	0,5 ± 0,4
	1 сутки	83,5± 0,4	13,0 ±0,7	2,5±0,3	1,0 ±0,1
	1неделя	82,5 ±1,6	12,5±0,3	3,5±1,1	1,5±0,4
НИЛИ	1 час	85,0 ±0,7	11,0 ±0,2	3,0±0,70	1,0 ±0,6
	1 сутки	83,0 ±0,3	14,0 ±0,5	2,0 ±0,7	1,0 ±0,3
	1неделя	86,5 ±0,3	10,5 ±0,3	2,5±0,4	0,5±0,3*
Адреналин	1 час	36,5±2,4*	40,0 ±2,1*	19,0 ±0,6*	4,5±0,3*
	1сутки	54,5±2,6*	35,0 ±2,3*	7,0±1,4*	3,5±0,3*
	1неделя	69,0 ±1,4*	22,5 ±0,3*	6,0±0,7*	2,5±0,3*
Адреналин+ НИЛИ	1 час	28,0 ±2,1*	54,5 ±1,5*	13,5±1,6*	4,0 ±0,4*
	1сутки	57,5±2,6*	32,0 ±2,8*	6,5±1,1*	4,0±1,4*
	1неделя	81,5±1,4	11,5±0,7	5,0±0,7	2,0±0,4

Примечание:* $p<0,05$ по отношению к значениям интактной группы

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

В группе, подвергшейся действию НИЛИ после стресса, количество дискоцитов было несколько выше, чем в группе животных, подвергшихся воздействию адреналина на всем протяжении эксперимента, и восстанавливалось до значений интактной группы к первой неделе эксперимента (табл. 1).

Спустя час после введения адреналина наблюдалось увеличение количества морфологически измененных форм: эхиноцитов, стоматоцитов, дегенеративно-измененных эритроцитов относительно интактной группы. В тех группах, где на стрессированный организм осуществлялось воздействие НИЛИ, количество морфологически измененных эритроцитов регистрировалось на протяжении первых суток исследования, с последующим восстановлением морфологии эритроцитов к первой неделе эксперимента, в отличие от действия адреналина, при котором измененные формы эритроцитов сохранялись и к первой неделе исследования.

Таким образом, стрессовое воздействие определило существенное изменение морфологии эритроцитов. В свою очередь, действие НИЛИ на фоне адреналина вызывало замедление эхиноцитарной и стаматоцитарной трансформации эритроцитов, что наиболее выражено к первой неделе эксперимента.

Возрастание патологичных форм эритроцитов, в группе с введением адреналина, можно объяснить изменением структуры мембран вследствие взаимодействия ее рецепторов со стресс-реализующим гормоном – адреналином. Повышенный уровень катехоламинов и адренореактивность эритроцитов приводят к ингибированию Na,K-АТФ-азы, к накоплению кальция в цитозоле эритроцита, что приводит к утрате способности клеток регулировать ионный и антиоксидантный гомеостаз, и в конечном итоге приводит к необратимым нарушениям ее структурно - функционального статуса [6].

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Восстановление соотношения эритроцитов до нормальных значение при действии НИЛИ после стресса, свидетельствует о повышении пластической способности мембраны эритроцитов. Это, в свою очередь, обеспечивает нормализацию микроциркуляторного русла и более выраженное восстановление физиологических параметров крови.

References

1. Кожура В.Л., Кирсанова А.К., Новодержкина И.С. Патофизиологические механизмы лазерной коррекции при критических состояниях // Общая реаниматология. 2006. Т.1, №5-6. С. 171-177.

2. Ельцова Г.Н. Сравнительная эффективность накожной и внутривенной лазерной терапии у больных атеросклеротической дисциркуляторной энцефалопатией: автореф. дис. ...канд. мед. наук. М., 2000. 215 с.

3. Нечипуренко Н.И., Пашковская И.Д., Степанова Ю.И., Василевская Л.А. Механизмы действия и биологические эффекты низкоинтенсивного лазерного излучения // Медицинские новости. 2008. №12. С. 17-21.

4. Шиффман Ф.Д. Патофизиология крови; пер. с англ. под ред. Е.Б. Жибурта, Ю.Н.Токарева. М.: Binom; СПб.: Невский диалект, 2000. 1389 с.

5. Давлеткильдеев Н.А., Трушников Г.С. Влияние излучения НИЛИ на эритроциты человека // Вестник Омского университета. 2008. №4. С. 45-48.

6. Маслова М.Н. Молекулярные механизмы стресса // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова 2005. Т.80, №7. С. 1320-1328.

SECTION 22. INDUSTRIAL DESIGN

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

UDC 658.512.2

Kuznetsov A.K., Myskova O.V. Modern coating materials and design of sun awning objects.

Современные материалы покрытия и дизайн солнцезащитных тентовых объектов

Kuznetsov Alexander Konstantinovich, Myskova Olga Vladimirovna
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology, Design, Art)
Кузнецов Александр Константинович, Мыскова Ольга Владимировна
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технология. Дизайн. Искусство)

Abstract. *The role of awning material in the design of sun awning objects and operational characteristics, such as water resistance, strength and durability, resistance to petroleum products, to detergents are considered in the article. Aesthetics and functionality. Such fabrics attract attention, making objects noticeable and memorable, are one of the indicators of high professional culture in the tent architecture.*

Keywords: *design, modern materials, tent coverings, aesthetics, functionality, performance characteristics.*

Аннотация. *В статье рассматривается роль тентового материала в дизайне солнцезащитных тентовых объектов и эксплуатационные характеристики, такие как водонепроницаемость, прочность и долговечность, стойкость к нефтепродуктам, к моющим средствам. Эстетичность и функциональность. Такие ткани привлекают внимание, делая объекты заметными и запоминающимися, являются одними из показателей высокой профессиональной культуры в тентовой архитектуре.*

Ключевые слова: *дизайн, современные материалы, тентовые покрытия, эстетика, функциональность, эксплуатационные характеристики.*

Дизайн – это деятельность по проектированию эстетических свойств промышленных изделий («художественное конструирование»). Считается, что в более широком смысле дизайн призван не только к художественному конструированию, но должен участвовать в решении более широких социально – технических проблем функционирования производства, потребления, существования людей в предметной среде, путём рационального построения её визуальных и функциональных свойств. Материал в дизайне играет большую роль и обладает такими качествами как практичность, долговечность, прочность, устойчивость и выгодную стоимость, но помимо этого материалы обладают эстетическими характеристиками. Эстетика и функциональность – вот что характерно для тентовой ткани. Такие ткани – красивы, качественны, очень

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

эффектно выглядят, а также разнообразие цветовой гаммы. Такие ткани привлекают внимание, делая объекты заметными и запоминающимися, являются одними из показателей высокой профессиональной культуры в тентовой архитектуре.

Тентовая ткань является распространённым и надёжным материалом, применяемом в качестве покрытия при проектировании павильонов, шатров, кафе, отелей, торговых и выставочных центров, летних кинотеатров, игровых и танцплощадок, а также применяется в качестве укрытия от неблагоприятных природных условий трибун спортивных сооружений, хоккейных и теннисных кортов, автозаправочных станций, терминалов ж/д вокзалов и аэропортов, складов для хранения материалов и техники, ангаров для размещения технологического оборудования, буровых установок, резервуаров для хранения воды и многих других объектах, в том числе и солнцезащитных тентовых объектах. Такое широкое распространение тентовая ткань получила благодаря простоте в эксплуатации, причём достаточно возведение каркаса, на котором за несколько минут разворачивается полотно, закрепляемое по периметру [2]. Тентовые покрытия изготовляются не только в виде полотен, но и в виде готовых палаток, павильонов и иных объектах.

Существуют следующие материалы тентового покрытия:

- ПВХ (полиэстер, покрытый поливинилхлоридом);
- EPDM (этиленпропилендиеновый сополимер);
- PTFE (стекловолокно, покрытое политетрафторидэтиленом);
- ПВХ – ткани и PTFE – плёнки могут быть светоблокирующими и полупрозрачными [1].

Тентовая ткань состоит из полиэстерного или полиэфирного тканого полотна, которое покрывается специальным поливинилхлоридным раствором.

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Полиэстерное полотно имеет очень высокую прочность и способно выдержать сильное натяжение по плоскости и на разрыв (как продольно, так и поперек). А это является основополагающей характеристикой изделия, ведь материал используется в любую погоду, при сильных ветрах и различных температурных режимах. Для дополнительной устойчивости к экстремальным условиям эксплуатации полиэстерную ткань покрывают или пропитывают поливинилхлоридным составом, который обеспечивает невосприимчивость к ультрафиолетовым лучам, низким и высоким температурам и даже к некоторым химически активным веществам. Тент ПВХ способен защищать все, что находится под ним, не только от суровых погодных условий, а и от механических воздействий внешних источников. Благодаря усиленному плетению основы и пропитке, производимые на сегодняшний день тенты, способны выдержать более двухсот кгс на разрыв и двадцати кгс при раздирании ткани острым предметом.

Следующей после прочности, также немаловажной характеристикой является коэффициент эластичности, которым обладает тент ПВХ. Материал очень легко сгибается, скручивается и принимает любую форму, которая необходима в каждом конкретном случае. Причем эластичность ткани не изменяется при низких температурах, при сильном морозе она все также податлива. При скручивании или сгибании тент не лопается, не трескается и не осыпается. Если материал используют для укрытия, то его приходится многократно сворачивать или складывать. Самое интересное, это то, что материал остается без повреждений при повторении данных процедур более чем двадцать тысяч раз. Из данных параметров можно судить о высокой долговечности ткани ПВХ. Очень часто тент подвергается трению об твердые предметы и грунт, но поливинилхлоридное покрытие обеспечивает устойчивость к истиранию на протяжении нескольких лет, даже при самом интенсивном трении. Другим важным моментом, является прочность материала на

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

протяжении всего срока эксплуатации, а также и его внешний вид. Ведь очень часто тенты используют для создания конструкций, внешний вид которых должен быть привлекательным. Тент ПВХ не восприимчив к воздействию ультрафиолетовых лучей и сохраняет свой первоначальный внешний вид и цвет в течение всего срока эксплуатации. Тентовые ткани покрываются поливинилхлоридом только с одной стороны, образуя красивую глянцевую поверхность. В зависимости от наших с вами предпочтений, материал имеет широкую цветовую гамму, или быть прозрачным т. е. светопроницаемым. Существует ещё вариант нанесения надписей и логотипов (для продвижения услуг и товаров). Благодаря почти гладкой структуре материала, его очень легко содержать в чистоте. К нему не пристает грязь и пыль и его очень легко мыть. Используемые в производстве тентовые материалы обеспечивают стопроцентную водонепроницаемость полотен. Помимо воздействия влаги тенты могут подвергаться и воздействию огня. Степень горючести синтетических составляющих сведена к минимуму, что соответствует всем нормам пожаробезопасности для жилых и иных помещений.

Существует таблица физико – механических показателей [2].

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

Таблица 1

Наименование показателей	Норма		
	Вид 1 (двухсторонний)	Вид 2 (полутора-сторонний)	Вид 4 (одно-сторонний)
1. Масса 1 м², г			
2. Разрывная нагрузка, кгс, не менее			
в продольном направлении	200	200	200
в поперечном направлении	170	170	170
3. Сопротивление раздиранию, кгс, не менее			
в продольном направлении	20	20	20
в поперечном направлении	20	20	20
4. Устойчивость к многократному изгибу, килоциклы, не менее	20	20	20
5. Жесткость, сН, не более	40	40	40
6. Водопроницаемость	Водонепроницаемый	Водонепроницаемый	Водонепроницаемый
7. Устойчивость к воздействию масел и бензина	Устойчив	Устойчив	Устойчив
8. Светостойкость, балл, не менее	4	4	4
9. Огнеопасность, мм/с, не более	1,66	1,66	1,66
10. Морозостойкость, °С, не выше в исполнении:			
«О»	-25	-25	-25
«М»	-40	-40	-40
«С»	-25	-25	-25

Скопенко В.А. в своей статье о тентовой архитектуре отметил [1], что основные импортные ПВХ – ткани, используемые в России и имеющие сертификат пожарной безопасности, соответствуют требованиям, установленным в НПБ 244 – 97:

- Группа горючести – Г1 по ГОСТ 30244 – 94 (слабогорючие).

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

- Группа воспламеняемости – В2 по ГОСТ 30402 – 96 (умеренновоспламеняемые).
- Группа распространения пламени – РП1 по ГОСТ 30444 – 97 (нераспространяющие).

Эти требования, в основном, совпадают с европейскими классами воспламенения по стандартам DIN4102B1 (Германия) и М2 (Франция). Последние разработки ведущего мирового производителя, FERRARI, позволяют использовать в тентовой архитектуре ограждающие материалы, удовлетворяющие ещё более высоким пожарным стандартам – М1 (не поддерживающие горение) и М0 (не горючие).

Не смотря на высокую прочность материала, его плотность и масса относительно невелики. Ткань с односторонней пропиткой площадью в один метр квадратный весит менее килограмма, что позволяет с легкостью ее переносить и располагать в абсолютно любых местах, даже на самых легких каркасах. Тент ПВХ с односторонней пропиткой, наилучшим образом подойдет в качестве покрытия для палаток, сезонных кафе, террас, автомобильных фургонов и многого другого, в том числе и для солнцезащитных тентовых объектов.

На рынке существует большое разнообразие производителей тканевых материалов с покрытием ПВХ [3]. Вот некоторые из них:

- Ткани ПВХ фирмы Hanwha (Ю. Корея);
- Ткани ПВХ фирмы Sioen (Бельгия);
- Ferrari (Франция).

Благодаря современным технологическим разработкам учёных, экспериментирующих с различными материалами, от самых примитивных (в середине прошлого века) до самых последних разработок, были достигнуты

Professional science applies the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license to the materials published - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru

наилучшие показатели свойств, таких как прочность, устойчивость, а также эстетичность и функциональность. Такие ткани не только красивые, качественные и эффектно выглядят, привлекая внимание, но и обладают эксплуатационными характеристиками, такими как водонепроницаемость, прочность и долговечность, стойкость к нефтепродуктам, к моющим средствам. Такие ткани привлекают внимание, делая объекты заметными и запоминающимися, являются одними из показателей высокой профессиональной культуры в тентовой архитектуре.

References

1. Скопенко В.А. Тентовая архитектура: индустриальные возможности. Академический вестник, УРАЛНИИПРОЕКТ РААССН 3/2010. 67 с.

2. Интернет источник. Односторонний тентовый материал. Тентовая ткань (тент ПВХ). 2008. URL: http://www.tzik.ru/material-one_side.html

3. Интернет источник. Инновационные Конструкции. Быстровозводимые здания. Мембранно – каркасные сооружения. Ткани ПВХ. 2008 – 2016. URL: http://www.iconstr.ru/textile.html

Scientific edition

INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN ENGINEERING, TECHNOLOGY AND APPLIED SCIENCES

Conference Proceedings

November 23th, 2017

Please address for questions and comments on the publications as well as suggestions for cooperation to e-mail address mail@scipro.ru

Edited according to the authors' original texts

ISBN 978-1-370-29463-3

Format 60x84/16. Conventional printed sheets 12, 2
Circulation 100 copies
The publisher Smashwords, Inc.
Address: USA, Los Gatos (CA) 15951
Gatos Blvd., Suite 16 Los Gatos, CA
95032