

Содержание

Моделирование.....	2
<i>Повов И.П.</i> Модель излучения при тангенциальном и нормальном ускорении электрических зарядов в экспериментальной технике	2
<i>Павлов В.Д.</i> Моделирование скорости метеороидов.....	6
<i>Логунова О.С., Ильина Е.А.</i> Моделирование временных рядов с пролонгированными периодами.....	11
<i>Барбасова Т.А., Бауман Е.В., Самолетова П.А., Черепанова С.А.</i> Применение нейронной сети для определения режимов работы доменной печи.....	17
Программное обеспечение.....	21
<i>Каландаров П.И.</i> Анализ автоматизированной системы управления в водном хозяйстве	21
<i>Шеметов А.Н., Ильина Е.А., Кондрашова Ю.Н.</i> Обработка информации в системе автоматизированного проектирования электроснабжения жилого микрорайона для определения электрических нагрузок.....	29
<i>Охотниченко А.В., Кухта Ю.Б.</i> Реализация процесса перехода образовательного учреждения от бумажного расписания к цифровой версии в виде мобильного приложения	38
<i>Абдулвелеева Р.Р., Казанцев В.Г.</i> Разработка кроссплатформенного приложения по доставке продуктов из магазинов для мобильных операционных систем	44
Краткие сообщения	48
<i>Великанов В.С.</i> Некоторые аспекты «Индустрии 4.0» и возможности реализации в горной промышленности	48

Contents

Modeling	2
<i>Popov I.P.</i> Radiation at tangential and normal acceleration of electric charges	5
<i>Pavlov V.D.</i> Formulas for calculating the space vehicle gravity maneuver	10
<i>Logunova O.S., Ilina E.A.</i> Time series modeling with prolonged periods	16
<i>Barbasova T.A., Bauman E.V., Samoletova P.A., Cherepanova S.A.</i> Neural network application for blast furnace regimes determination	20
Software.....	21
<i>Kalandarov P.I.</i> Analysis of an automated system in the water sector	27
<i>Shemetov A.N., Ilina E.A., Kondrashova Yu.N.</i> Information processing in the automated power supply system of a residential microdistrict for determining electric loads	36
<i>Okhotnichenko A.V., Kukhta Iu.B.</i> Implementation of the process of transition of an educational institution from a paper schedule to a digital version of a mobile application	43
<i>Abdulveleeva R.R., Kazantsev V.G.</i> Development of the cross-platform application on delivery of products from shops for mobile operating systems.....	47
Short messages.....	48

УДК 537.531

DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-2-5

МОДЕЛЬ ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ТАНГЕНЦИАЛЬНОМ И НОРМАЛЬНОМ УСКОРЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Попов И.П.

Аннотация: Считается, что электрический заряд, движущийся по круговой траектории, т.е. с центростремительным (нормальным) ускорением, необходимо должен излучать фотоны. Цель работы состоит в установлении условий излучения электрического заряда, исходя из существенных отличий между его тангенциальным и центростремительным ускорениями. Материалы и методы. Исходным пунктом является достоверное утверждение. С ним выполняется ряд математически корректных преобразований. Следовательно, результат является необходимо достоверным. Из того обстоятельства, что электромагнитное излучение уносит энергию следует, что энергия излучающей системы при излучении изменяется. С этим связано следующее общеизвестное правило: изменение энергии равно совершенной работе. Результаты исследования могут использоваться при построении теоретических моделей явлений и процессов, а также учитываться в технических приложениях.

Ключевые слова: излучение, заряд, тангенциальное ускорение, нормальное ускорение, энергия, работа, фотон, спин.

Введение

Считается, что электрический заряд, движущийся по круговой траектории, т.е. с центростремительным ускорением, необходимо должен излучать электромагнитные волны. Это распространяется, в т.ч., на циклотронное излучение.

Цель работы состоит в установлении условий излучения электрического заряда, исходя из существенных отличий между его тангенциальным и центростремительным ускорениями.

Актуальность работы определяется широким использованием устройств, генерирующих электромагнитное излучение за счет ускорения электрических зарядов, в том числе, рентгеновских установок и магнетронов.

Методика. Исходным пунктом является достоверное утверждение. С ним выполняется ряд математически корректных преобразований. Следовательно, результат является необходимо достоверным.

Условие излучения заряда

Электромагнитное излучение уносит энергию [1-5]. Из этого следует, что энергия излучающей системы при излучении изменяется. С этим связано

Правило (общеизвестное). Изменение энергии равно совершенной работе $dE = dA$.

Работа равна $dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$.

Теорема 1. Тангенциально ускоренный заряд *излучает* электромагнитные волны.

Доказательство.

Пусть

$$\mathbf{F} = F \frac{\mathbf{s}}{s},$$

тогда

$$dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = F \frac{s}{s} \cdot ds = F ds = dE \neq 0.$$

Теорема доказана.

Теорема 2. Нормально ускоренный заряд *не излучает* электромагнитные волны.

Доказательство.

Пусть

$$\mathbf{F} = F \frac{\mathbf{r}}{r}, \quad \mathbf{r} \perp \mathbf{s},$$

тогда

$$dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = F \frac{\mathbf{r}}{r} \cdot d\mathbf{s} = 0.$$

Теорема доказана.

Теорема 2 формализует общеизвестное в механике обстоятельство, заключающееся в том, что центробежная сила работы не совершает (поскольку скалярное произведение ортогональных векторов необходимо равно нулю).

О динамике заряда

Доказательства теорем 1 и 2 выполнены в терминах сил. Для инертных тел переход к терминам ускорений осуществляется в соответствии со вторым законом Ньютона. Для электрических зарядов подобный переход возможен с учетом выражения

$$m_e = k \frac{e^2 \mu_0}{b}, \quad (1)$$

где m_e – масса электрона, e – его заряд, μ_0 – магнитная постоянная, b – величина, имеющая размерность длины, k – безразмерный коэффициент [6].

Теорема 3. Электрический заряд удовлетворяет второму закону Ньютона.

Доказательство.

Пусть электрон движется в направлении \mathbf{s} со скоростью

$$\mathbf{v} = v \frac{\mathbf{s}}{s}.$$

Выражение (1), строго говоря, не предполагает какой-то конкретной геометрической формы электрона, при этом оно позволяет временно формально представить его в виде эквивалентной безмассовой заряженной сферы радиуса $k_1 b$. Здесь k_1 – коэффициент пропорциональности, который при дальнейшем рассмотрении определяется однозначно.

Энергия электростатического поля равномерно заряженной сферы радиуса $k_1 b$ и зарядом e определяется выражением:

$$W_\varepsilon = \frac{1}{2} \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 k_1 b}. \quad (2)$$

Поскольку заряженная сфера поступательно движется, имеет место магнитное поле, напряженность которого равна

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\mu_0 c^2} [\mathbf{v}, \mathbf{E}],$$

где \mathbf{E} – напряженность электрического поля. Энергии электрического и магнитного полей соотносятся следующим образом.

$$dW_\varepsilon = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} dV = \frac{E^2}{2c^2 \mu_0} dV,$$

$$dW_\mu = \frac{\mu_0 H^2}{2} dV = \frac{\mu_0}{2} \left\{ \frac{1}{\mu_0 c^2} [\mathbf{v}, \mathbf{E}] \right\}^2 dV = k_2 \frac{E^2 v^2}{2\mu_0 c^4} dV = k_2 dW_\varepsilon \frac{v^2}{c^2},$$

где k_2 – коэффициент пропорциональности, обусловленный пространственной конфигурацией магнитного поля.

С учетом (2), получим

$$W_\mu = k_2 W_\varepsilon \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{2} \frac{k_2 e^2 v^2}{4\pi\varepsilon_0 k_1 b c^2} = k \frac{e^2 \mu_0 v^2}{2b}.$$

Соответствующим образом подбирая k_1 , можно добиться равенства

$$k = \frac{k_2}{4\pi k_1}.$$

Сила является градиентом энергии [7, 8]:

$$\mathbf{F} = \frac{dW_\mu}{d\mathbf{r}} = k \frac{e^2 \mu_0}{2b} \frac{d(v^2)}{d\mathbf{r}} = k \frac{e^2 \mu_0}{b} \mathbf{v} \frac{d\mathbf{v}}{d\mathbf{r}} = k \frac{e^2 \mu_0}{b} \mathbf{v} \frac{\frac{dv}{dt}}{\frac{d\mathbf{r}}{dt}} = k \frac{e^2 \mu_0}{b} \mathbf{v} \frac{1}{v} \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = k \frac{e^2 \mu_0}{b} \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}.$$

С учетом (1), получим

$$\mathbf{F} = m_e \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}.$$

Теорема доказана.

Теорема 3 позволяет перейти к терминам ускорений в теоремах 1 и 2.

О спине фотона

При переходе водородоподобного атома из одного стационарного состояния в другое орбитальный момент импульса меняется [9]. Разницу приписывают фотону и называют спином фотона.

Теорема 4. Спин фотона равен нулю.

Доказательство.

Дифференциал энергии вращательного движения для инерционного объекта в общем случае имеет вид:

$$dE = J \frac{d\omega}{dt} d\phi = J\omega d\omega = Ld\omega.$$

Для безынерционного фотона дифференциальная форма записи не имеет смысла (поскольку для него $E(\omega)$ негладкая функция), поэтому аналог предыдущего выражения для него имеет вид:

$$\Delta E = L_p \Delta\omega.$$

При этом $\Delta\omega = \omega$, $L_p = \hbar$.

Полная энергия фотона равна

$$E = h\nu + \Delta E = h\nu + \hbar\omega = h\nu + 2\pi\hbar \frac{\omega}{2\pi} = h\nu + h\nu = 2h\nu,$$

т.е. в два раза больше энергии, выделяемой атомом при излучении, что противоречит закону сохранения энергии. Из этого следует, что $\Delta E = 0$.

Теорема доказана.

Замечание. Дефект момента импульса атома при излучении без труда можно приписать ядру атома и даже электрону [10]. В последнем случае переориентация спина электрона как раз равняется

$$\hbar \cdot \left(\frac{\hbar}{2} - \left(-\frac{\hbar}{2} \right) = \hbar \right).$$

Заключение

Считается, что магнетронное излучение происходит в результате нормального ускорения зарядов, а фотоны имеют спин.

Это и есть парадигмы, о которых шла речь в методике. Эти парадигмы противоречат необходимо достоверным результатам – теоремам 2 и 4. Следовательно, они (парадигмы) недостоверны. В этом нет ничего плохого и даже странного. История науки говорит о том, что все научные парадигмы со временем признаются недостоверными.

В свете теорем 1 и 2 причину магнетронного излучения следует искать в тангенциальном ускорении, обусловленном кулоновскими взаимодействиями зарядов пучка.

Никто не сомневался, что тангенциальное ускорение электрического заряда приводит к излучению электромагнитных волн. Вот только укоренившееся обобщение феномена излучения на ускорение «вообще», в т.ч. нормальное ускорение заряда, неправомерно.

Парадоксальность ситуации состоит в том, что теоремы 1 и 2 не выглядят сенсационными.

Результаты исследования могут использоваться при построении теоретических моделей явлений и процессов, а также учитываться в технических приложениях.

Список использованных источников

1. Попов, И.П. Фиксация скорости радиоволн / И.П. Попов // Двойные технологии. – 2019. – № 1 (86). – С. 68-70.
2. Попов, И.П. Девиация воспринимаемой частоты сферической волны / И.П. Попов // Двойные технологии. – 2020. – № 3 (92). – С. 83-86.
3. Попов, И.П. Математический подход при установлении скорости распространения радиосигнала / И.П. Попов // Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии. – 2020. – 13(3). – С. 284-288. DOI: 10.17516/1999-494X-0221.
4. Попов, И.П. Определение расстояния до источника сферической волны / И.П. Попов // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2019. – № 3. – С. 39-42.
5. Попов, И.П. Девиация частоты сферической волны / И.П. Попов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2019. – № 3(35). – С. 72-76.
6. Попов, И.П. Сведение постоянной Планка к классическим фундаментальным константам / И.П. Попов // Вестник Удмуртского университета. Физика и химия. – 2014. – Вып. 3. – С. 51-54.
7. Попов, И.П. Скалярная и векторная производные векторных полей и их приложение к задачам механики / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2017. – Т. 5. – № 1. – С. 2-7.
8. Попов, И.П. Об одном способе восстановления функции по ее градиенту / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2018. – Т.6. – №1. – С. 8-11. DOI: 10.18503/2306-2053-2018-6-1-8-11.
9. Павлов, В.Д. Магнитный поток и его квантование / И.П. Попов // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2020. – № 4. – С. 25-28. DOI 10.31040/2222-8349-2020-0-4-25-28.
10. Попов, И.П. Размер электрона с учетом спина // Инженерная физика. – 2016. – № 9. – С. 45-46.

Материал поступил в редакцию: 01.02.2021

Материал принят к публикации: 26.09.2021

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

RADIATION AT TANGENTIAL AND NORMAL ACCELERATION OF ELECTRIC CHARGES IN EXPERIMENTAL TECHNOLOGY

Popov I.P.

Abstract. It is believed that an electric charge moving along a circular path, i.e. with centripetal (normal) acceleration, you must emit photons. The purpose of the work is to establish the conditions for the radiation of an electric charge, based on significant differences between its tangential and centripetal accelerations. Materials and methods. The starting point is a credible statement. A number of mathematically correct transformations are performed with it. Therefore, the result is necessarily reliable. From the fact that electromagnetic radiation carries away energy, it follows that the energy of the radiating system changes during radiation. Associated with this is the following well-known rule: the change in energy is equal to the perfect work. The research results can be used in the construction of theoretical models of phenomena and processes, as well as taken into account in technical applications.

Keywords: radiation, charge, tangential acceleration, normal acceleration, energy, work, photon, spin.

References

1. Popov I.P. (2019) *Dvojny`e tekhnologii*, 1 (86) : 68-70.
2. Popov I.P. (2020) *Dvojny`e tekhnologii*, 3 (92) : 83-86.
3. Popov I.P. (2020) *Zhurn. Sib. feder. un-ta. Tekhnika i tekhnologii*, 13(3) : 284-288.
4. Popov I.P. (2019) *Oboronny`j kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii*, 3 : 39-42.
5. Popov I.P. (2019) *Radiotekhnicheskie i telekommunikaczionnye sistemy*, 3(35) : 72-76.
6. Popov I.P. (2014) *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Fizika i khimiya*, 3 : 51-54.
7. Popov I.P. (2017) *Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i soczialnoj sferakh*, 5 : 2-7.
8. Popov I.P. (2018) *Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i soczialnoj sferakh*, 6 : 8-11.
9. Pavlov V.D. (2020) *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo czentra RAN*, 4 : 25-28.
10. Popov I.P. (2016) *Inzhenernaya fizika*, 9 : 45-46.

ОБ АВТОРАХ:

Попов Игорь Павлович – старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Курганского государственного университета. Email: ip.popov@yandex.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Попов, И.П. Модель излучения при тангенциальном и нормальном ускорении электрических зарядов в экспериментальной технике / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т.9. – № 2. – С. 2-5. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-2-5.

Popov I.P. (2021) Radiation at tangential and normal acceleration of electric charges in experimental technology. Software of systems in the industrial and social fields. 9 (2): 2-5. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-2-5.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ МЕТЕОРОИДОВ

Павлов В.Д.

Аннотация: Цель исследования – аналитическое описание участка баллистической траектории, соответствующего нормальному падению метеороидов или космического аппарата на поверхность безатмосферной планеты. При этом движение нормально падающего тела характеризуется возрастающим ускорением свободного падения. Задача о скорости, времени и ускорении нормального падения тела на поверхность планеты при отсутствии атмосферы сводится к решению дифференциального уравнения второго порядка, которое решается стандартным методом. В работе получено временное уравнение движения нормально падающего на поверхность планеты тела при отсутствии атмосферы, а также временные уравнения его скорости и ускорения. Полученные результаты могут быть полезны при расчетах скорости метеороидов и пассивного гравитационного маневра при межпланетных полетах и расчетах отвесного падения небольших небесных тел и отработанных элементов конструкций космических аппаратов.

Ключевые слова: планета, тело, уравнение движения, скорость, ускорение, масса, расстояние.

Введение

В основе расчета скорости метеороидов [1-3] и пассивных гравитационных маневров [4-6] при межпланетных полетах лежит режим движения под действием силы тяготения небесных тел [7-10].

Если перемещение тела при падении пренебрежимо мало по сравнению с расстоянием до центра тяготения, то ускорение свободного падения является практически неизменным. При этом задача установления параметров падения не представляет трудности. Далее этот случай не рассматривается.

Задача о скорости и времени падения тела

Падающее в вакууме тело имеет ускорение

$$a = \frac{d^2r}{dt^2} = -G \frac{M}{r^2}, \tag{1}$$

где G – гравитационная постоянная, M – масса планеты, r – мгновенное расстояние между телом и центром планеты. Исходное расстояние равно R . Знак « \rightarrow » обусловлен противоположными направлениями векторов a и r . Масса тела пренебрежимо мала по сравнению с M .

Дифференциальное уравнение (1) решается следующим образом.

$$\frac{dr}{dt} = v(r), \quad \frac{d^2r}{dt^2} = \frac{dv}{dt}, \quad \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dr} \frac{dr}{dt} = \frac{dv}{dr} v, \quad \frac{d^2r}{dt^2} = \frac{dv}{dr} v,$$

$$\frac{dv}{dr} v = -G \frac{M}{r^2}, \quad v dv = -GM \frac{dr}{r^2}, \quad \int_0^v v dv = -GM \int_R^r \frac{dr}{r^2}, \quad \frac{v^2}{2} = GM \frac{1}{r} \Big|_R^r,$$

$$\frac{v^2}{2} = GM \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right), \tag{2}$$

$$v = -\sqrt{2GM} \sqrt{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}. \tag{3}$$

Знак « \rightarrow » обусловлен той же причиной, что и выше.

$$\frac{dr}{dt} = -\sqrt{2GM} \sqrt{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}$$

$$\sqrt{\frac{r}{R-r}} dr = -\sqrt{\frac{2GM}{R}} dt. \tag{4}$$

Интеграл левой части имеет вид:

$$\int \sqrt{\frac{a+x}{b-x}} dx.$$

Пусть

$$\frac{a+x}{b-x} = t^2,$$

тогда

$$a+x = t^2b - t^2x, x(1+t^2) = t^2b - a, x = \frac{t^2b - a}{1+t^2}, dx = \frac{2tbdt}{1+t^2} - \frac{t^2b - a}{(1+t^2)^2} 2tdt,$$

$$\int \sqrt{\frac{a+x}{b-x}} dx = \int t \left[\frac{2tb}{1+t^2} - \frac{t^2b - a}{(1+t^2)^2} 2t \right] dt = \int \frac{2t^2b}{1+t^2} dt - \int \frac{t^2b - a}{(1+t^2)^2} 2t^2 dt =$$

$$= 2b \int \frac{1+t^2 - 1}{1+t^2} dt - 2b \int \frac{t^4 - t^2 \frac{a}{b} + 2t^2 - 2t^2 + 1 - 1}{(1+t^2)^2} dt =$$

$$= 2b \int dt - 2b \int \frac{1}{1+t^2} dt - 2b \int dt + 2b \int \frac{t^2 \frac{a}{b} + 2t^2 + 1}{(1+t^2)^2} dt =$$

$$= -2b \int \frac{1}{1+t^2} dt + 2b \left(\frac{a}{b} + 2 \right) \int \frac{t^2 + \frac{1}{\left(\frac{a}{b} + 2\right)} + 1 - 1}{(1+t^2)^2} dt =$$

$$= -2b \operatorname{arctgt} + 2b \left(\frac{a}{b} + 2 \right) \int \frac{dt}{1+t^2} - 2b \left(\frac{a}{b} + 2 \right) \frac{a+b}{a+2b} \int \frac{dt}{(1+t^2)^2} =$$

$$= -2b \operatorname{arctgt} + 2b \left(\frac{a}{b} + 2 \right) \operatorname{arctgt} - 2b \frac{a+2b}{b} \frac{a+b}{a+2b} \frac{1}{2} \left(\frac{t}{1+t^2} + \operatorname{arctgt} \right) + C =$$

$$= -2b \operatorname{arctgt} + 2b \left(\frac{a}{b} + 2 \right) \operatorname{arctgt} - \frac{(a+b)t}{1+t^2} - (a+b) \operatorname{arctgt} + C =$$

$$= (a+b) \left(\operatorname{arctgt} - \frac{t}{1+t^2} \right) + C = (a+b) \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a+x}{b-x}} - (a+b) \frac{\sqrt{\frac{a+x}{b-x}}}{1 + \frac{a+x}{b-x}} + C =$$

$$= (a+b) \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a+x}{b-x}} - (a+b) \frac{b-x}{a+b} \sqrt{\frac{a+x}{b-x}} + C =$$

$$= (a+b) \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a+x}{b-x}} - \sqrt{(b-x)(a+x)} + C.$$

Искомый интеграл равен

$$\int \sqrt{\frac{a+x}{b-x}} dx = (a+b) \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{a+x}{b-x}} - \sqrt{(b-x)(a+x)} + C. \quad (5)$$

Продолжение решения исходной задачи

Интегрирование дифференциального уравнения (4) в соответствии с (5) дает

$$\int_R^r \sqrt{\frac{r}{R-r}} dr = -\sqrt{\frac{2GM}{R}} \int_0^t dt, \quad \left[R \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r}{R-r}} - \sqrt{r(R-r)} \right]_R^r = -\sqrt{\frac{2GM}{R}} \int_0^t dt,$$

$$R \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r}{R-r}} - R \frac{\pi}{2} - \sqrt{r(R-r)} = -\sqrt{\frac{2GM}{R}} t,$$

$$R \left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{r}{R-r}} \right) + \sqrt{r(R-r)} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} t. \quad (6)$$

Это решение дифференциальных уравнений (4) и (1) является уравнением движения нормально падающего тела. Из выражения (2) следует

$$r = \frac{2GMR}{2GM + Rv^2}.$$

Подстановка этого выражения в (7) дает

$$R \left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{\frac{2GMR}{2GM+Rv^2}}{R - \frac{2GMR}{2GM+Rv^2}}} \right) + \sqrt{\frac{2GMR}{2GM + Rv^2} \left(R - \frac{2GMR}{2GM + Rv^2} \right)} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} t,$$

$$R \left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{2GMR}{2GMR + R^2v^2 - 2GMR}} \right) + \sqrt{\frac{2GMR(2GMR + R^2v^2 - 2GMR)}{(2GM + Rv^2)^2}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} t,$$

$$\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{2GMR}}{Rv} + \frac{v\sqrt{2GMR}}{2GM + Rv^2} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \frac{t}{R}.$$

Это временная функция скорости. Для получения временной функции ускорения следует (1) подставить в (7).

$$R \left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{(GMa^{-1})^{\frac{1}{2}}}{R - (GMa^{-1})^{\frac{1}{2}}}} \right) + \sqrt{(GMa^{-1})^{\frac{1}{2}} (R - (GMa^{-1})^{\frac{1}{2}})} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} t.$$

В соответствии с (6) период падения тела на поверхность планеты равен

$$RR \left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{R_M}{R - R_M}} \right) + \sqrt{R_M(R - R_M)} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} T, \quad (7)$$

где R_M – радиус планеты.

В соответствии с (3) скорость тела у поверхности планеты равна

$$V = -\sqrt{2GM} \sqrt{\frac{1}{R_M} - \frac{1}{R}}. \quad (8)$$

Пример

В качестве планеты рассматривается Луна: $R_M = 1,737 \cdot 10^6$ м, $M = 7,348 \cdot 10^{22}$ кг. $G = 6,674 \cdot 10^{-11}$ м³/(кг·с²). $R = 10^7$ м, что соответствует высокой почти круговой околополярной орбите вокруг Луны.

В соответствии с (7)

$$10^7 \left(\frac{\pi}{2} - \arctg \sqrt{\frac{1,737 \cdot 10^6}{(10 - 1,737) \cdot 10^6}} \right) + \sqrt{1,737 \cdot 10^6 (10 - 1,737) \cdot 10^6} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 7,348 \cdot 10^{22}}{10^7}} T.$$

Период падения тела на поверхность Луны равен

$$T = 1,535 \cdot 10^4 \text{ с} = 2,558 \cdot 10^2 \text{ мин.} = 4,253 \text{ ч.}$$

В соответствии с (8) скорость тела у поверхности Луны равна

$$V = -\sqrt{2 \cdot 6,674 \cdot 10^{-11} \cdot 7,348 \cdot 10^{22}} \sqrt{\frac{1}{1,737 \cdot 10^6} - \frac{1}{10^7}} = 2160 \text{ м/с.}$$

Заключение

Полученные результаты могут быть полезны при расчетах пассивного гравитационного маневра при межпланетных полетах и расчетах отвесного падения небольших небесных тел и отработанных элементов конструкций космических аппаратов.

Список использованных источников

1. Челябинский метеороид: отклик ионосферы по измерениям GPS / М.Б. Гохберг [и др.] // Доклады Академии наук. – 2013. – Т. 452. – № 2. – С. 208.
2. Рябова, Г.О. Профиль активности метеорного потока Геминид / Г.О. Рябова // Астрономический вестник. Исследования Солнечной системы. – 2001. – Т. 35. – № 2. – С. 167-173.
3. Егорова, Л.А. Баллистика и разрушение космических тел в атмосфере планет / Л.А. Егорова, В.В. Лохин // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2011. – № 4-2. – С. 130-132.
4. Константинов, М.С. Анализ схем использования гравитационного маневра у луны для обеспечения вектора гиперболического избытка скорости отлета от земли / М.С. Константинов // Вестник Московского авиационного института. – 2010. – Т. 17. – № 3. – С. 9.
5. Назиров, Р.Р. Гравитационные маневры как способ направить малые астероиды на траекторию встречи с опасными околоземными объектами / Р.Р. Назиров, Н.А. Эйсмонт // Космические исследования. – 2010. – Т. 48. – № 5. – С. 491-496.
6. Ельников, Р.В. Гравитационный маневр у Луны при межпланетных перелетах космического аппарата с малой тягой / Р.В. Ельников // Труды МАИ. – 2012. – № 50. – С. 16.
7. Смирнов, О.Г. Тяготение, отталкивание, разрывающие силы и тепловое излучение во Вселенной / О.Г. Смирнов // Актуальные проблемы современной науки. – 2007. – № 5(37). – С. 122-130.
8. Кузмак, Г.Е. О некоторых свойствах оптимального управления пространственным движением материальной точки в однородном центральном поле тяготения / Г.Е. Кузмак // Ученые записки ЦАГИ. – 1970. – Т. 1. – № 5. – С. 55-63.
9. Бурдаев, М.Н. Применение метода годографов к расчету времени перелета в Центральном поле тяготения / М.Н. Бурдаев // Космические исследования. – 2009. – Т. 47. – № 2. – С. 204-208.
10. Брауде, А.З. Оптимальное изменение вектора скорости при движении в однородном поле тяготения / А.З. Брауде, Г.Е. Кузмак // Ученые записки ЦАГИ. – 1975. – Т. 6. – № 1. – С. 57-66.

Материал поступил в редакцию: 03.03.2021

Материал принят к публикации: 26.09.2021

FORMULAS FOR CALCULATING THE SPACE VEHICLE GRAVITY MANEUVER

Pavlov V.D.

Abstract. The purpose of the study is an analytical description of the normal fall of a body on the surface of a beatmospheric planet. In this case, the motion of a normally falling body is characterized by an increasing acceleration of gravity. The problem of the speed, time and acceleration of the normal fall of a body on the planet's surface in the absence of an atmosphere is reduced to solving a second-order differential equation, which is solved by the standard method. In this work, the time equation of motion of a body normally falling on the surface of the planet in the absence of an atmosphere, as well as the time equations of its speed and acceleration are obtained. Expressions for distance, speed and acceleration are obtained as implicit functions of time. The results obtained can be useful in calculating the normal incidence of small celestial bodies and spent structural elements of spacecraft.

Keywords: planet, body, equation of motion, speed, acceleration, mass, distance.

References

1. Gokhberg M.B. [i dr.] (2013) *Doklady Akademii nauk*, 452 : 208.
2. Ryabova, G.O. (2001) *Astronomicheskij vestnik. Issledovaniya Solnechnoj sistemy*, 35 : 167-173.
3. Egorova L.A., Lokhin V.V. (2011) *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo*, 4-2 : 130-132.
4. Konstantinov M.S. (2010) *Vestnik Moskovskogo aviacionno-go instituta*, 17 : 9.
5. Nazirov R.R., Ejsmont N.A. (2010) *Kosmicheskie issledovaniya*, 48 : 491-496.
6. Elnikov R.V. (2012) *Trudy MAI*, 50 : 16.
7. Smirnov O.G. (2007) *Aktualnye problemy sovremennoj nauki*, 5(37) : 122-130.
8. Kuzmak G.E. (1970) *Ucheny`e zapiski CzAGI*, 1 : 55-63.
9. Burdaev M.N. (2009) *Kosmicheskie issledovaniya*, 47 : 204-208.
10. Braude A.Z., Kuzmak G.E. (1975) *Uchenye zapiski CzAGI*, 6 : 57-66.

ОБ АВТОРАХ:

Павлов Валентин Дмитриевич – старший преподаватель Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. Email: pavlov.val.75@mail.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Павлов, В.Д. Моделирование скорости метеороидов / В.Д. Павлов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т.9. – № 2. – С. 6-10. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-6-10.

Pavlov V.D. (2021) Formulas for calculating the space vehicle gravity maneuver. Software of systems in the industrial and social fields. 9 (2): 6-10. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-6-10

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМИ ПЕРИОДАМИ

Логунова О.С., Ильина Е.А.

Аннотация: Целью исследования является повышение достоверности прогноза для временного ряда в системах учета. Расширение классификации временных рядов включает введение нового класса и подклассов временных рядов, для которых отличительной особенностью является наличие пролонгированного периода, обусловленного инерционностью процесса и обнуления показателей в начале нового планового периода. Предложена методика, позволяющая выполнять прогнозирование значений временного ряда с пролонгированными периодами на момент подведения итогов. Методика построена на основе возможной пропорциональности скорости накопления данных. Опробование предложенной методики выполнено на примере мониторинга и прогнозирования индексирования публикаций в международной базе *Scopus*. Результаты применения предложенной методики показали, что при накоплении данных в ходе сплошного мониторинга происходит корректировка прогноза из-за изменения тенденции. Достоверность прогноза может быть проверена после окончания контрольного периода.

Ключевые слова: временной ряд, классификация временных рядов, период пролонгирования, планирование публикационной активности, прогнозирование значений временного ряда.

Введение

Современные информационные системы содержат программное обеспечение, позволяющее не только накапливать большие информационные объемы, но и выполнять функции прогнозирования значений плановых показателей. Большинство этих показателей изменяются во времени, образуя временные ряды. Гибкость и универсальность программного обеспечения, способного обрабатывать данные временных рядов, является одной из характеристик качества программных продуктов [1-3]. Для достижения гибкости и универсальности программного обеспечения требуется четкая классификация существующих решений и их последующая алгоритмизация.

Требования к цифровизации предприятий и организаций приводят к созданию новых моделей и методов для выполнения планирования и прогнозирования процессов и явлений. Традиционные классификации исходных данных и, в частности, временных рядов определяют, используемую методологию. Как следствие, сложился набор традиционных методов, методик алгоритмов для обработки временных рядов.

При появлении новых задач, которые формируют новые данные для новых условий, требуется обоснованное расширение или уточнение классификации. В работе авторами выявлен новый вид временного ряда с пролонгированными периодами накопления данных, что и привело к решению проблемы по уточнению классификации временных рядов.

1. Типовые задачи временных рядов и прогнозирование значений временного ряда

Разнообразная природа данных, образующих временные ряды, привела к появлению типовых алгоритмов прогнозирования их значений в краткосрочные и долгосрочные периоды. Среди типовых признаков классификации следует отметить: количество факторов; интервальность времени; представление уровней временного ряда; способ формирования уровней ряда; расстояние между датами; наличие тенденции [4].

Подавляющее количество задач, связанных с моделированием временных рядов может быть отнесено к одному из уровней каждого класса. Несколько примеров соответствия данных процесса или явлений к типу временного ряда приведены в таблице.

Для типовых временных рядов разработано множество методов для их моделирования и прогнозирования значений в будущих периодах времени [13-15]. Однако, в настоящее время появились задачи планирования и прогнозирования поведения процессов, которые характеризуются временными рядами, отличающимися от типовых и требующих разработки уточненных или модифицированных методов работы с ними.

Примеры соответствия данных процесса или явления к типу временного ряда

№	Процесс или явление	Тип временного ряда
1	Мониторинг расхода водного охладителя при непрерывной разливке стали [5,6]	Одномерный, детерминированный, интервальный, стационарный временной ряд с абсолютными равностоящими значениями
2	Мониторинг метеорологических данных [7,8]	Многомерный, случайный, моментальный, нестационарный временной ряд равностоящих средних значений
3	Мониторинг курса валют и ценных бумаг [9, 10]	Одномерный, моментальный, случайный нестационарный временной ряд абсолютных равностоящих значений
4	Мониторинг потребления электрической энергии в населенных пунктах [11, 12]	Одномерный, детерминированный, стационарный, моментальный временной ряд с абсолютными равномерными значениями

2. Задача прогнозирования значений временных рядов с накоплением значений и периодами пролонгирования

В последние десятилетия появились задачи планирования и прогнозирования публикационной активности научно-педагогических работников в международных и национальных системах учета. Актуальной проблемой является прогнозирование публикационной активности в системах РИНЦ, *Scopus* и *Web of Science*. Прогнозирование публикационной активности становится актуальным вызовом при планировании работ по научным работам, которые планируются при финансовой государственной поддержке [15]. Формирование исходных данных производится как за сплошной период данных, так на отдельных временных периодах: за один год, за три года и т.п. Особенностью накопления данных за отдельные временные периоды является наличие временного лага и необходимость разграничения значений текущего периода и предыдущего.

Постановка задачи для исследования имеет вид: требуется определить прогнозное значение количества публикаций, проиндексированных в одной из систем учета публикационной активности, на окончание отчетного периода с допуском на пролонгированный период доиндексации с учетом динамики наполнения системы в предыдущие периоды [15].

Особенностями задачи с точки зрения временных рядов является:

- наличие плановых периодов формирования временного ряда, которые являются равномерными и, как правило, составляют один календарный год;
- наличие пролонгированного периода для каждого планового интервала, учитывая инерционность процесса индексирования публикаций в учетных системах [4];
- наличие неравномерных периодов пролонгирования;
- накопленные значения временного ряда является моментальными;
- наличие возрастающей по линейному закону тенденции со случайными выбросами внутри одного планового периода с пролонгированием;
- наличие необходимости обнуления значения показателя при переходе в новый плановый период;
- ведение двухуровневого учета в начале нового планового периода и пролонгированного периода для предыдущего планового;
- прогнозирование выполнения плановых значений показателя в текущем n -ом периоде по малому объему накопленных значений.

Схематическое изображение временного ряда задачи представлено на рис. 1.

Оценивая эту задачу с точки зрения классификации временных рядов, можно утверждать, что особенности формирования временного ряда, формы представления и наличия пролонгированных периодов требуют введение новых подклассов для схемы, приведенной на рис. 1.

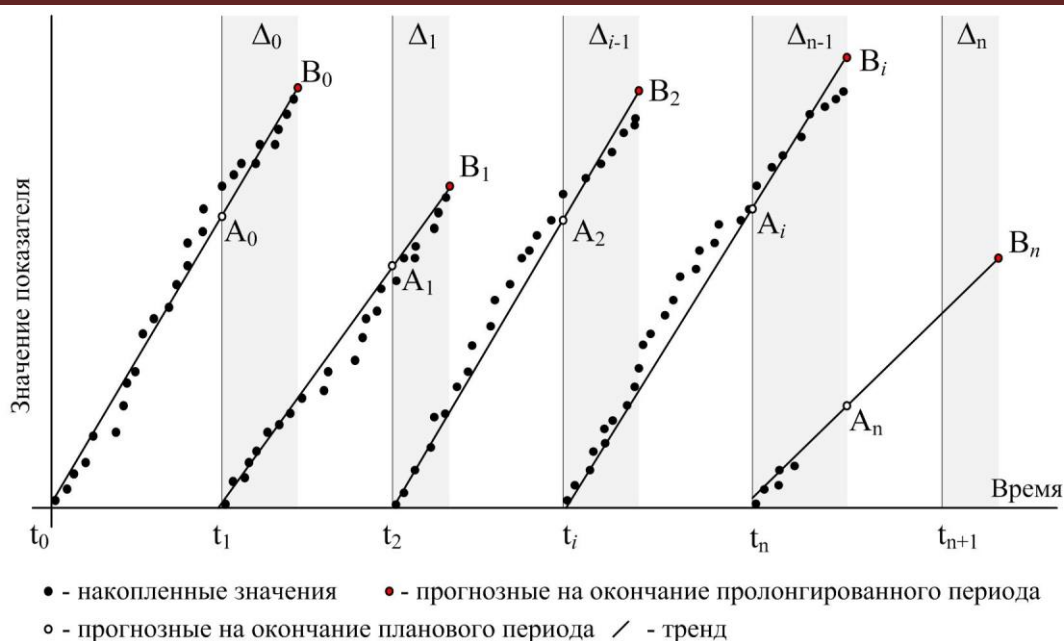


Рис. 1. Схематический временной ряд для задачи прогнозирования временного ряда с периодами пролонгирования: t_i – начало планового временного периода; Δ_i – длина пролонгированного периода для каждого планового интервала времени; A_i – прогнозное значение показателя на окончании планового периода; B_i – прогнозное значение показателя на окончании пролонгированного периода.

3. Методика прогнозирования значений временных рядов с накоплением значений и периодами пролонгирования

Авторами предлагается методика прогнозирования временного ряда с периодами пролонгирования. Суть методики состоит в следующем:

- 1) производится непрерывный мониторинг данных временного ряда и формируется несколько разделенных ретроспективных выборок с учетом запаздывания;
 - 2) для каждой разделенной ретроспективной выборки выполняется построение эмпирической зависимости с учетом периода пролонгирования;
 - 3) выполняется расчет соотношения коэффициентов уравнения в ретроспективном и текущем периоде;
 - 4) полученные соотношения переносятся на изучаемые показатели;
- выполняется усреднение полученных соотношений для текущего периода.

Предложенная методика была опробована для прогнозирования количества публикаций, проиндексированных в наукометрической системе Scopus, образовательной организации.

Результаты

Согласно предлагаемой методике за период с 2017 по 2021 выполнялся мониторинг индексирования публикаций и сформированы ретроспективные выборки, фрагмент которых приведен на рис. 2.

	Дата	РИНЦ	Scopus	WoS	Прирост РИНЦ	Прирост Scopus	Прирост WoS
2							
3	01.01.19	0	2	0			
4	24.01.19	3	9	1	3	7	1
5	13.02.19	19	17	2	16	8	1
6	14.03.19	60	21	5	41	4	3
7	25.03.19	87	21	8	27	0	3
8	23.05.19	281	58	17	194	37	9
9	31.05.19	472	68	18	191	10	1
10	18.06.19	770	70	20	297	11	0

Рис. 2. Фрагмент ретроспективной выборки за 2019 год

Используя ретроспективные данные с учетом периода пролонгирования и инструментальные средства *MS Excel* построены эмпирические зависимости для каждого периода (рис. 3).

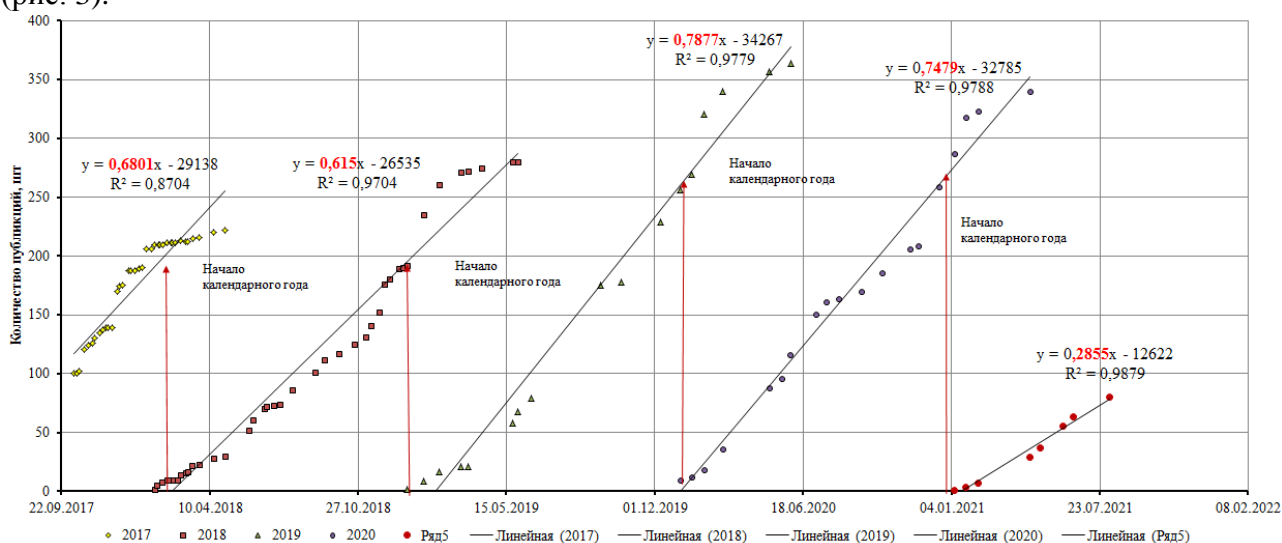


Рис. 3. Диаграмма временного ряда для ретроспективных данных

Текущим периодом в рассматриваемых условиях является 2021 год. Для период 5.08.2021 соотношения коэффициентов и максимального значения показателя в конце периода (см. рис.4).

ГОД	Коэффициент	Максимальное количество
2017	0,68	222
2018	0,6115	280
2019	0,7877	364
2020	0,7479	340
2021	0,2855	55

Соотношения к текущему периоду:	
K2020	0,52426795
P2020	178,251103
K2019	0,49777834
P2019	181,191316

Рис. 4. Фрагменты рабочих листов: а – таблица исходных данных для расчета соотношения; б – фрагмент таблицы с результатами расчета соотношения коэффициентов для оценки значений в конце периода

На рис. 4 введены обозначения: K_{2020} , K_{2019} – отношение коэффициентов эмпирического уравнения соответственно 2020 и 2019 года к значению коэффициента 2021 года; P_{2020} , P_{2019} – прогнозируемые значения на окончание текущего периода количества публикаций.

В процессе времени непрерывный мониторинг позволяет выявить изменение тенденции в рамках текущего периода. Для выбранных исходных данных было определено, изменение тенденции индексирования публикаций в базе данных Scopus по скорости прироста: апрель 2021 года – 0,2855 публикаций в день; июнь 2021 года – 0,3921 публикации в день; октябрь 2021 года – 0,3976 публикаций в день. В соответствии с изменением тенденции происходит и изменение прогноза проиндексированных публикаций на конец отчетного периода. Этот прогноз составляет: по данным на 20.04.2021 – 130 публикаций; по данным на 03.06.2021 – 178 публикаций; по данным на 05.10.2021 – 179 публикаций. Оценка достоверности прогноза возможна при достижении окончания отчетного периода.

Заключение

1. Анализ существующих решений по применению временных рядов для описания процессов и явлений показал наличие классификации временных рядов по шести основным признакам: количество показателей, характеристике временного параметра, формы представления уровней ряда, способов формирования временного ряда, расстоянию между датами и наличию тенденции временного ряда.

2. Изучение формы временного ряда по накоплению значений показателей публикационной активности научно-педагогических работников показало, что появляется новый класс временных рядов, для которого отличительной особенностью является наличие пролонгированного периода, обусловленного инерционностью процесса и обнуления показателей в начале нового планового периода.

3. Предложена методика, позволяющая выполнять прогнозирования значений временного ряда с пролонгированными периодами на момент подведения итогов.

4. Результаты применения предложенной методики показали, что при накоплении данных в ходе сплошного мониторинга происходит корректировка прогноза из-за изменения тенденции. Достоверность прогноза может быть проверена после окончания контрольного периода.

Список использованных источников

1. Логунова, О.С. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ. Сер. Высшее образование: Аспирантура / О.С. Логунова, П.Ю. Романов, Е.А. Ильина. – М.: Инфра-М, 2021. – 377 с.
2. Дьяконов, Н.А. Системы управления технологическим процессом на основе предиктивной аналитики: проектирование / Н.А. Дьяконов, О.С. Логунова // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – № 1 (50). – С. 58-64.
3. Логунова, О.С. Система оценки качества статей научного журнала / О.С. Логунова, Е.А. Ильина, К.М. Окжос // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2015. – № 2 (7). – С. 56-57.
4. Логунова, О.С. О классификации временных рядов: добавление нового класса с пролонгированными периодами / О.С. Логунова, Е.А. Ильина // Программное обеспечение для цифровизации предприятий и организаций. Сб. тр. Всеросс. науч.-практ. конф. 2021. – С. 51-55.
5. Логунова, О.С. Моделирование теплового состояния бесконечно протяженного тела с учетом динамически изменяющихся граничных условий третьего рода / О.С. Логунова, И.И. Мацко, Д.С. Сафонов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. – 2012. – № 27 (286). – С. 74-85.
6. Гребенюк, Г.Н. Исследование динамики климата по метеоэлементам погоды (на примере города Нижневартовска) / Г.Н. Гребенюк, В.П. Кузнецова // Вестник Нижневартовского государственного гуманитарного университета. – 2009. – № 1. – С. 19-27.
7. Крымская, О.В. Динамика индекса патогенности погоды г. Валуйки / О.В. Крымская, Д.В. Степанова // Стратегия устойчивого развития регионов России. – 2012. – № 11. – С. 82-85.
8. Влияние динамики изменения курса валюты на рынок жилой недвижимости / А.М. Платонова [и др.] // Строительство и недвижимость. – 2020. – № 2 (6). – С. 168-171.
9. Галаган, Т.А. Применение авторегрессионных моделей различных порядков для прогнозирования динамики поведения курса валют / Т.А. Галаган, А.Л. Несин // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. – 2012. – № 57. – С. 8-12.
10. Динамика электропотребления московского региона и анализ режимной ситуации зимой 2005/06 Г / В.В. Сергеев [и др.] // Электрические станции. – 2006. – № 12. – С. 9-20.
11. Романов, М.В. Анализ динамики бытового электропотребления в Самарской области / М.В. Романов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2005. – № 37. – С. 117-121.
12. Елисеева, И.И. Эконометрика: учебник / И.И. Елисеева, С.В. Курышева, Т.В. Костеева. – М.: Изд-во «Финансы и статистика», 2007. – 575 с.
13. Сай, В.К. Прогнозирование высокочастотных временных рядов методами машинного обучения и статистическими методами в автоматическом режиме / В.К. Сай, М.В. Щербаков // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2020. – Т. 17. № 6 (192). – С. 3-11.
14. Шашевский, П.С. Метод профилей для селекции признаков из временных рядов в задачах анализа данных / П.С. Шашевский, И.Н. Яковина // Автоматика и программная инженерия. – 2015. – № 4 (14). – С. 59-64.
15. Логунова, О.С. Динамика показателей публикационной активности профессорско-преподавательского состава Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова / О.С. Логунова, Л.Г. Егорова, В.В. Королева // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2015. – № 3 (51). – С. 101-112.

Материал поступил в редакцию: 16.09.2021

Материал принят к публикации: 26.09.2021

TIME SERIES MODELING WITH PROLONGED PERIODS

Logunova O.S., Ilina E.A.

Abstract. The aim of the study is to improve the reliability of the forecast for the time series in accounting systems. Expansion of the classification of time series includes the introduction of a new class and subclasses of time series, for which a distinctive feature is the presence of a prolonged period due to the inertia of the process and zeroing of indicators at the beginning of a new planning period. A technique is proposed that makes it possible to predict the values of a time series with prolonged periods at the time of summing up. The technique is based on the possible proportionality of the rate of data accumulation. The proposed methodology has been tested on the example of monitoring and forecasting the indexing of publications in the international Scopus database. The results of the application of the proposed methodology showed that with the accumulation of data in the course of continuous monitoring, the forecast is adjusted due to a change in the trend. The reliability of the forecast can be checked after the end of the control period.

Keywords: time series, classification of time series, prolongation period, planning publication activity, forecasting time series values.

References

1. Logunova O.S., Romanov P.Yu., Ilina E.A. (2021) *Obrabotka eksperimentalnykh dannyykh na EVM*, М.
2. Dyakonov N.A., Logunova O.S. (2021) *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы*, 1 (50) : 58-64.
3. Logunova O.S., Ilina E.A., Okzhos K.M. (2021) *Matematicheskoe i programnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i sotsialnoj sferakh*, 2 (7) : 56-57.
4. Logunova O.S., Ilina E.A. (2021). *Programnoe obespechenie dlya czifrovizaczii predpriyatij i organizaczij*. Magnitogorsk. gos. tekhn. u-t im. G.I. Nosova, Magnitogorsk.
5. Logunova O.S., Maczko I.I., Safonov D.S. (2012) *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Matematicheskoe modelirovanie i programmirovaniye*, 27 (286) : 74-85.
6. Grebenyuk G.N., Kuzneczova V.P. (2009) *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo gumanitarnogo universiteta*, 1 : 19-27.
7. Krymskaya O.V., Stepanova D.V. (2012) *Strategiya ustojchivogo razvitiya regionov Rossii*, 11 : 82-85.
8. Platonova A.M. [i dr.] (2020) *Stroitelstvo i nedvizhimost*, 2 (6) : 168-171.
9. Galagan T.A., Nesin A.L. (2012) *Vestnik Amurskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i ekonomicheskie nauki*, 57 : 8-12.
10. Sergeev V.V. [i dr.] (2006) *Elektricheskie stanzii*, 12 : 9-20.
11. Romanov M.V. (2005) *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnicheskie nauki*, 37 : 117-121.
12. Eliseeva I.I., Kurysheva S.V., Kosteeva T.V. (2007) *Ekonometrika*, М.
13. Saj V.K., Shherbakov M.V. (2020) *Vestnik kompyuternykh i informaczionnykh tekhnologij*, Т. 17 : 3-11.
14. Stashevskij P.S., Yakovina I.N. (2015) *Avtomatika i programmnaya inzheneriya*, 4 (14) : 59-64.
15. Logunova O.S., Egorova L.G., Koroleva V.V. (2015) *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*, 3 (51) : 101-112.

ОБ АВТОРАХ:

Логунова Оксана Сергеевна – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. E-mail: logunova66@mail.ru

Ильина Елена Александровна – канд. пед. наук, доцент кафедры вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет», г. Магнитогорск. Email: dar_nas@mail.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Логунова, О.С. Моделирование временных рядов с пролонгированными периодами / О.С. Логунова, Е.А. Ильина // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т.9. – № 2. – С. 11-16. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-11-16.

Logunova O.S. and Ilina E.A. (2021) Time series modeling with prolonged periods. Software of systems in the industrial and social fields. 9 (2): 11-16. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-11-16.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Барбасова Т.А., Бауман Е.В., Самолетова П.А., Черепанова С.А.

Аннотация: В данной статье рассматривается метод определения режимов работы доменной печи с помощью интеллектуального анализа данных на основе самоорганизующихся карт Кохонена. Целью работы являлась разработка программного обеспечения для управления режимами работы доменных печей на основе построения многомерных областей решений по основным показателям, характеризующим доменную плавку, включая качественные характеристики кокса, металлошихты, горячего дутья. Приведены результаты исследований влияния соотношения удельного расхода природного газа и удельного расхода технологического кислорода в каждом кластере на производительность печи и удельный расход кокса (УРК) исходя из технологической статистики доменных печей металлургического предприятия.

Ключевые слова: доменная печь, кластеризация, нейронные сети, режимы работы, самоорганизующаяся карта Кохонена.

Введение

В настоящее время вопросы повышения эффективности доменной плавки широко освещены в литературе [1-5]. При этом важным является стабилизация теплового состояния доменной печи при изменении большого количества входных параметров. Анализ поступающей информации и выбор оптимального режима работы требуют высокой квалификации персонала, обслуживающего печь. В связи с этим применение аппарата систем искусственного интеллекта в управлении доменным производством является одним из потенциально перспективных направлений современных исследований.

Определение текущих режимов работы доменной печи является весьма трудной задачей, так как разброс значений режимных параметров определяется множеством причин: неполнотой измеряемых факторов, действующих на доменный процесс, низкой точностью измерений, невозможностью измерения внутренних параметров доменного процесса, случайностью колебаний входных параметров шихты, дутья и т.д. Учесть детально все эти факторы крайне сложно при современном уровне развития техники измерения и управления доменным процессом. Одним из способов решения данной задачи является применение программных средств глубинного анализа статистических данных эксплуатации (*Data Mining*), таких как применение искусственных нейронных сетей. В данной статье предложен способ определения режимов работы доменной печи с помощью самоорганизующихся сетей Кохонена [1].

Описание алгоритма кластеризации

Алгоритм работы самоорганизующихся карт (англ. *Self-organizing map – SOM*) представляет собой один из вариантов кластеризации многомерных векторов – алгоритм проецирования с сохранением топологического подобия. Преимуществом самоорганизующихся карт Кохонена является то, что при обучении используется метод обучения без учителя, то есть результат обучения зависит только от структуры входных данных.

SOM подразумевает использование упорядоченной структуры нейронов в виде двумерной сетки. Подгонка *SOM* заключается в итеративной настройке вектора весовых коэффициентов w_j каждого нейрона, для чего используется модифицированный алгоритм соревновательного обучения Хебба, который учитывает не только вклад нейрона-победителя, но и ближайших его соседей, расположенных в R -окрестности:

1. На стадии инициализации всем весовым коэффициентам присваиваются небольшие случайные значения w_{0ij} , $i=1, 2, \dots, m$.

2. На выходы сети подаются последовательно в случайном порядке образы y объектов входного слоя и для каждого из них выбирается нейрон-победитель (*BMU, Best Matching Unit*) с минимальным расстоянием

$$\sum_{i=1}^m (y_i - w_{ij}^t).$$

3. Определяется подмножество «ближайшего окружения» ВМУ, радиус которого R уменьшается с каждой итерацией t

4. Пересчитываются веса w_{ij} выделенных узлов с учетом их расстояний до нейрона-победителя и близости к вектору u.

Шаги 2-4 алгоритма повторяются, пока выходные значения сети не будут стабилизированы с заданной точностью. В результате кластеризации исходные статистические данные делятся на несколько кластеров.

Определение режимов работы доменной печи

Доменному процессу свойственны такие особенности, как наличие сильных шумовых воздействий и значительных погрешностей при технологическом контроле; нестационарность условий и показателей работы печи и др. Поэтому предварительно из выборки были удалены выбросы, а также данные, соответствующие нестационарному режиму работы доменной печи. В данном исследовании кластеризация проводилась по большому количеству параметров доменного процесса (более 70).

В работе приведены примеры построения кластеров влияния соотношения удельного расхода природного газа ($V_{пг}$) и удельного расхода технологического кислорода ($V_{тк}$) на производительность и удельный расход кокса. Так на рис. 1 приведен пример графиков зависимостей влияния соотношения удельного расхода природного газа ($V_{пг}$) и удельного расхода технологического кислорода ($V_{тк}$) в каждом кластере соответственно.

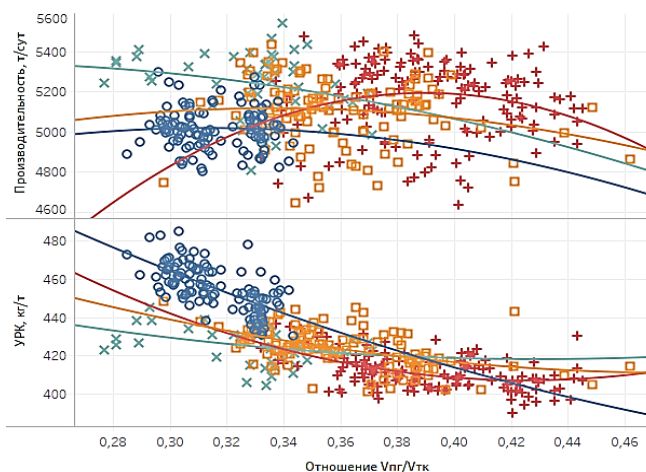


Рис. 1. График зависимости производительности и УРК от соотношения $V_{пг}/V_{тк}$

Для полученных кластеров определяются коэффициенты влияния соотношения удельного расхода природного газа и удельного расхода технологического кислорода на производительность и УРК для разных режимов работы печи с помощью кусочно-линейной аппроксимации. В таблице приведен пример рассчитанных коэффициентов для различных интервалов изменения параметра.

Таблица

Изменение УРК и производительности при увеличении соотношения $V_{пг}/V_{тк}$ на 0,1

Кластер	Интервал	УРК, %	Производительность, %
1	0,28-0,305	-12,62	1,17
	0,305-0,32		0,06
	0,32-0,34		-0,90
2	0,29-0,39	-5,65	-0,17
	0,39-0,47		-4,42
3	0,33-0,37	-8,15	7,01
	0,37-0,41		-0,03
	0,41-0,44		-6,19
4	0,27-0,32	-6,42	1,87
	0,32-0,35		0,06
	0,35-0,37		-1,08

Для расчета коэффициентов влияния фактора на производительность и УРК за определенный период подбирается кластер, наиболее близкий статистическим данным за этот пе-

риод. В качестве текущего кластера для каждого из факторов принимается кластер с минимальным евклидовым расстоянием от центра кластера до центра текущих данных.

На рис. 2 приведен скриншот разработанного программного обеспечения, содержащий пример графика расчета коэффициентов влияния соотношения удельного расхода природного газа и удельного расхода технологического кислорода на производительность и УРК за октябрь 2020 года. Синим цветом отображены все имеющиеся статистические данные изменения производительности и УРК в зависимости от значения $V_{пг}/V_{тк}$. Красным цветом выделен текущий кластер, на котором построена полиномиальная регрессионная зависимость. Уравнение регрессии отражено в легенде. Желтой точкой отмечен центр данных за требуемый период.

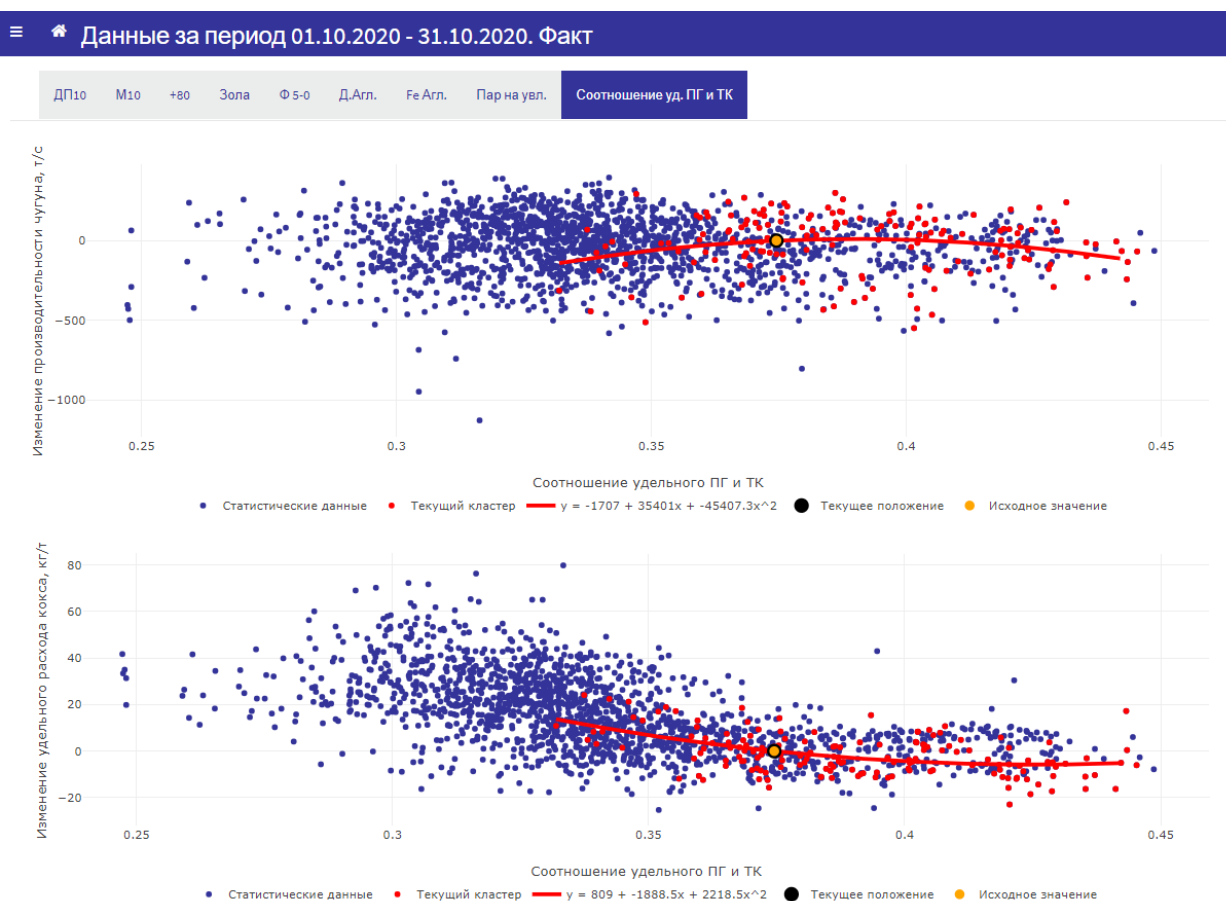


Рис. 2. График расчета коэффициентов влияния соотношения $V_{пг}/V_{тк}$ на производительность и УРК

Выводы

Таким образом, с помощью кластеризации на основе самоорганизующейся карты Кохонена были выделены режимы работы доменной печи. Для полученных кластеров определены коэффициенты влияния соотношения удельного расхода природного газа и удельного расхода технологического кислорода на производительность и УРК.

Полученные зависимости влияния технологических факторов на эффективность доменной плавки могут в дальнейшем использоваться для решения оптимизационных задач на технико-экономическом уровне, а также для оперативного управления доменной плавкой.

Список использованных источников

1. Повышение производительности доменной печи при оптимизации автоматического управления подачей природного газа и технического кислорода в дутье / Б.Н. Парсункин [и др.] // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2011. – №4. – С.69-73.
2. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии / Н.А. Спириин [и др.]. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. – 307 с.
3. Сучков, А.В. Совершенствование управления многомерным технологическим объектом на примере доменной печи / А.В. Сучков, В.Г. Лисиенко, В.А. Сучков. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 126 с.
4. Товаровский, И.Г. Нормативная оценка влияния параметров доменной печи на расход кокса и производительность / И.Г. Товаровский // Сталь. – 2014. – №. 5. – С.4-11.

5. Товаровский, И.Г. Доменная плавка / И.Г. Товаровский. – Днепропетровск: Пороги, 2009. – 768 с.

6. Kohonen, T. The self-organizing map / T. Kohonen // Proceedings of the IEEE. – 1990. – Т.78. – №. 9. – С. 1464-1480.

Материал поступил в редакцию: 1.10.2021

Материал принят к публикации: 29.10.2021

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

NEURAL NETWORK APPLICATION FOR BLAST FURNACE REGIMES DETERMINATION

Barbasova T.A., Bauman E.V., Samoletova P.A., Cherepanova S.A.

Abstract. This article discusses a method for the blast furnace regimes determination using a data-mining algorithm based on Kohonen self-organizing maps. The aim of this work is to develop software for the blast furnace regimes control by the multidimensional decision area construction for the main indicators of blast furnace smelting, including the quality of coke, iron ore and hot blast. The article presents the results of the ratio of natural gas and technological oxygen influence on productivity and coke rate in each cluster based on the blast furnaces technological statistics of iron and steel plant.

Keywords: blast furnace, clustering, neural network, regimes, Kohonen self-organizing map.

References

1. Parsunkin B.N. [i dr.] (2011) *Vestnik MGTU im. G.I. Nosova*, 4 : 69-73.

2. Spirin N.A. [i dr.] (2006) *Optimizacziya i identifikacziya tekhnologicheskikh processov v metallurgii*. UGTU-UPY, Ekaterinburg.

3. Suchkov A.V., Lisienko V.G., Suchkov V.A. (2012) *Sovershenstvovanie upravleniya mnogomernym tekhnologicheskim obektom na primere domennoj pechi*. UrFU, Ekaterinburg.

4. Товаровский И.Г. (2014) *Stal*, 5 : 4-11.

5. Товаровский И.Г. (2009) *Domennaya plavka*. Porogi, Dnepropetrovsk.

6. Kohonen T. (1990) *Proceedings of the IEEE*, 78 : 1464-1480.

ОБ АВТОРАХ:

Барбасова Татьяна Александровна – кан-т техн. наук, доц., ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск. Email: barbasovata@susu.ru

Бауман Екатерина Вячеславовна – магистрант, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск. Email: bauman.e.v@yandex.ru.

Самолетова Полина Алексеевна – магистрант, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск.

Черепанова Светлана Андреевна – магистрант, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск. Email: cherepanova_sa@mail.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Барбасова, Т.А. Применение нейронной сети для определения режимов работы доменной печи / Т.А. Барбасова, Е.В. Бауман, П.А. Самолетова, С.А. Черепанова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т.9. – № 2. – С. 17-20. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-17-20.

Barbasova T.A., Bauman E.V., Samoletova P.A. and Cherepanova S.A. (2021) Neural network application for blast furnace regimes determination. Software of systems in the industrial and social fields. 9 (2): 17-20. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-17-20.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

SOWTWARE

УДК 681.5: 64.011.56

DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-21-28

**АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
В ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ***Каландаров П.И.*

Аннотация: Представлен аналитический обзор автоматизации и технологии водного хозяйства, в Республике Узбекистан, для решения этих задач в работе – описаны системы внедрения водосберегающих технологий, в том числе капельное орошение на хлопковых полях, и государственная поддержка, выделения субсидии, а также Концепция развития водных ресурсов до 2030 года в Узбекистане, предусматривающее повышение эффективности использования воды более чем на 1 млн. га за счет повышения коэффициента эффективности, и обновления и реконструкции ирригационных сетей, а также снижение потребления электроэнергии за счет реконструкция и модернизация насосных агрегатов и двигателей.

В статье анализируется АСУ ТП мелиорационного канала, как объекта управления, где выполнена классификация по типу схемных решений, даны параметрические характеристики объекта управления оросительно-обводнительный канала, описаны программно-аппаратные средства подсистемы автоматизированного управления и контроля, что позволит создание систем диспетчеризации с одновременной автоматизацией объектов водоканалов, рассмотрены инновационные решения по формированию методов и средств контроля и управления в водном хозяйстве.

Ключевые слова: водосбережение, автоматизированные системы управления, учет воды, водное хозяйство, мелиоративный канал, водоканал, диспетчерский пункт, диспетчеризация водоканала, насос, насосные станции.

Введение

В Республике Узбекистан планируется внедрить водосберегающие технологии, в том числе капельное орошение на хлопковых полях. Государственная поддержка, особенно субсидии, играет важную роль в этой области. В целях поддержки внедрения водосберегающих технологий в 2020 году выделено 300 миллиардов сумов (экв. 28,5 млн. долларов США). В частности, выделяемые суммы в зависимости от типа сельскохозяйственной культуры, технологии полива и балл бонитета земли составляют для системы капельного орошения - 8 миллионов сумов (экв. 762 долларов США) за гектар, для дождевального орошения – 4 миллиона сумов (экв. 381 доллар США) за гектар и для дискретного орошения – 1 миллион сумов (экв. 95,5 долларов США) за гектар.

Постановка вопроса

1. Водосберегающие технологии. На сегодняшний день в стране, водосберегающие технологии внедрены на 130 тыс. га, в том числе технология капельного орошения – на 77,4 тыс. га. В 2020 году увеличена площадь под водосберегающими технологиями до 250 тыс. га. К 2025 году общая площадь под водосберегающими технологиями будет увеличена до 1 миллиона га, в том числе площадь капельного орошения составит 250-300 тыс. га.

2. Концепция развития водных ресурсов до 2030 года в Узбекистане. В настоящее время разработана Концепции развития водного хозяйства до 2030 года. Данный процесс поддерживается международными грантами Азиатского банка развития, Всемирного банка и Швейцарского агентства по развитию и сотрудничеству, а также экспертами из австралийской компании «Aither», которая специализируется на разработке перспективных направлений развития водного сектора.

Проектом Концепции предусматривается:

- широкое внедрение водосберегающих технологий;
- широкое использование средств автоматизации и информационно-коммуникационных технологий на местах;
- повышение эффективности использования воды более чем на 1 млн. га за счет повышения коэффициента эффективности с 0,63 до 0,73 за счёт обновления и реконструкции ирригационных сетей;

- ежегодное сокращение засоленных площадей на 1% за счет строительства и реконструкции, ремонтно-восстановительных работ на мелиоративных объектах, а также повторного использования 298,5 тыс. га;
- к 2030 году ожидается снижение потребления электроэнергии с 8,0 млрд. кВт.ч до 6,0 млрд. кВт.ч за счет реконструкция и модернизация насосных агрегатов и двигателей.
- разработка принципов рыночной экономики, а также передача 50 водохозяйственных объектов частному сектору в рамках государственно-частного партнерства [1, 2].

Анализ состояние проблемы

Работа посвящена вопросам совершенствования и создания автоматизированных технологий по управлению водными потоками и учету поливной воды, на структурах оросительно-обводнительный канал (ООК). Они вытекают из необходимости внедрения на оросителях сельской местности средств автоматизированных систем и IT-технологий на перспективу ближние и дальние в условиях глобальных и региональных изменений климата, сокращения собственных и поступающих водных объемов. В работе характеризуются экономико-социальные эффекты проводимых работ.

АСУ ТП мелиорационного канала, как объекта управления

Объектом автоматизации является оросительно-обводнительный канал. Подобные каналы работают для наполнения прудов и водоемов и способны обеспечить нужды сельскохозяйственного населения населенных пунктов. В состав оросительной системы входят: водохранилища, водозаборные и рыбозащитные сооружения, отстойники, насосные станции, оросительная, водосборно-сбросная и дренажная сети, нагорные каналы, поливные и дождевальная машины, объекты электроснабжения и связи, противозерозионные сооружения.

Целью создания АСУ ТП является обеспечение надежного контроля за мелиоративным состоянием земель и качественного снабжения водой, предназначенной для сельскохозяйственных и бытовых нужд, с минимальными эксплуатационными затратами.

Однако технологические особенности ООК выдвигают определенные препятствия перед подобным использованием этого опыта. Например, для межхозяйственной оросительной сети технологическая задача это доставка (транспортировка) воды. А для внутрихозяйственной оросительной сети (ВОС) главная задача это полив. Что касается средств измерения и учета воды то достаточно сказать о абсолютно разных диапазонах измерения. Расходы воды абсолютно разные [3, 4].

Новые экономические отношения развивающиеся на внутрихозяйственной части оросительной системы заметным образом опережают уровень оснащенности ее водопроводящих структур техническими средствами автоматизации, информационно-измерительных систем, цифровых технологий. Это в первую очередь касается средств автоматизированных систем управления и учета воды [5].

При внедрение АСУТП, данная система содействует улучшению показателей работы оросительно-обводнительных каналов, повышению производительности и надежности за счет: строгого выполнения требований технологического регламента и соблюдения режимов управления процессами; оперативного контроля над работой оборудования; повышения эффективности и снижения трудоемкости работы эксплуатационного персонала; повышения оперативности взаимодействия персонала с технологическими объектами; удобства представления технологической информации персоналу (температуры подшипников и охлаждающей жидкости, величины тока и напряжения ротора и статора, вибрации, потребляемой мощности и расхода электроэнергии, уровня в канале и объема перекачиваемой воды, о режиме работы каждого насосного агрегата и многое другое); точности поддержания заданных значений параметров; снижения затрат на обслуживание и ремонт оборудования путем предупреждения и недопущения аварийных ситуаций; экономии энергоресурсов и воды за счет рационального распределения; применения современных методов и микропроцессорных средств контроля и управления.

ВОС не может оставаться в стороне от развивающихся тенденций современных индустриализаций в целеполагающем направлении экономии и распределения водных ресурсов

на технологическом этапе *потребления* воды структурами внутрихозяйственной оросительной сети на основе применения автоматизированных технологий, программно-аппаратных и информационно-коммуникационных средств [6, 7].

Реализация и обсуждение результатов

Системный подход принимают как общий принцип, которым руководствуются при внедрении АСУТП для управления на основе разработанных проектов автоматизации гидро-мелиоративных систем рис. 1.

Основной принцип системного подхода к созданию и внедрению автоматизированных систем управления – принцип максимума эффективности системы. В сложных условиях многоцелевого использования водных ресурсов, наличия большого числа изменяющихся во времени и пересекающихся между собой параметров не удастся однозначно определить цель в виде одномерной функции. Поэтому при создании АСУ целесообразно сформулировать частные цели, совокупность которых рассматривается как функциональная структура [8].

Основные функции системы заключаются в следующем:

- сбор, обработка информации от датчиков уровня, датчиков ультразвуковых расходомеров, счетчиков электроэнергии и т.д.;
- восстановление учетных параметров после простоя системы с добавлением к их значениям на момент отключения произведения времени простоя на договорную константу или значение расхода перед отключением;
- обнаружение, сигнализация и регистрация отклонений параметров от установленных границ;
- контроль достоверности принимаемой информации по граничным значениям, скорости изменения и по другим критериям;
- вычисление усредненного расхода, объема воды нарастающим итогом для каждого насосного агрегата, суммарного объема водоподачи;
- отображение информации оперативному персоналу системы на цветных мониторах в виде мнемосхем с индикацией параметров в цифровом, табличном виде или в виде графиков;
- формирование световой и звуковой сигнализации отклонения параметров от заданных предупредительных и предаварийных границ, а также при других аварийных ситуациях;
- ручной ввод исходных данных в режиме реального времени;
- автоматическое регулирование подачи воды и ее уровней в каналах;
- многопользовательский режим работы, при этом используется разграничение прав доступа к системе по паролям, регистрация доступа лица и протоколирование его действий (соединение абонентов системы организовано с использованием радиоканала);
- автоматическое формирование и печать протокола событий в системе;
- архивирование данных на жесткий диск компьютера;
- просмотр истории параметров процесса в виде графиков и таблиц;
- отображение информации о состоянии и работоспособности компонентов АСУ ТП, проведение диагностики ее элементов.

Автоматизированная система управления разрабатывается в виде информационно-управляющей системы, обеспечивающей контроль параметров и управление состоянием затвора и уровня воды в канале. Структура системы организационно построена аналогично распределенной блочно-модульной конструкции. Предположительно должна быть возможность наращивания структуры при модернизации структуры и технологического оборудования. Структура системы управления будет обеспечивать стыковку технических средств системы в единый комплекс с целью работы в составе Ассоциации потребителей воды (АПВ) и

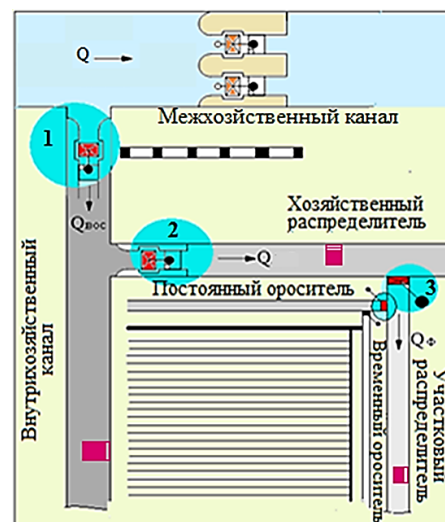


Рис. 1. Локализация средств автоматизации на ВОС

становлении нормальной работы по состоянию входов. Переключение выходного реле производится как по *SMS*-сообщению, принимаемому извне, так и по состоянию входов. Абонентом контроллера может быть, как сотовый телефон, так и персональный компьютер с модемом *GSM*. Для подключения к сети *GSM* перед началом работы в контроллер необходимо установить *SIM*-карту предпочтительного оператора сотовой связи. Настройка контроллера производится с помощью программы конфигурирования через порт *RS-232*. Во время настройки задается формат *SMS*-сообщений, устанавливаются до 10 уполномоченных номеров, с которых контроллер будет воспринимать команды, конфигурируются условия для входных и выходных сигналов.

Типичный *GSM*-модуль состоит из радиоблока (приемопередатчик, усилитель и внешний радиочастотный интерфейс), процессора, памяти и ряда интерфейсов для интеграции в конечные устройства (рис.3.) [12].

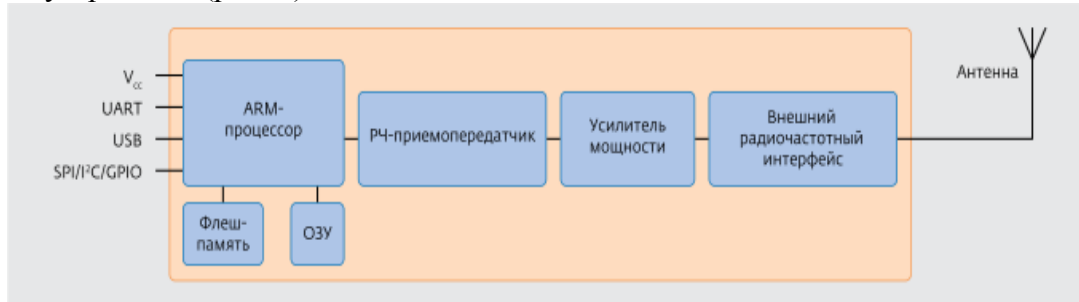


Рис. 3. Структура передачи сигналов

Базовый комплект оборудования (рис. 4) состоит из контроллера, к которому подключаются различные датчики и *GSM*-модем или сотовый телефон через его штатный разъем. Дистанционное управление исполнительными устройствами может осуществляться напрямую с помощью *DTMF*-сигналов с клавиатуры удаленного смартфона фермера, либо контроллером по запрограммированному заранее алгоритму [13]. Контроллер питается от сети 220 В через сетевой адаптер. Также предусмотрено резервное питание от аккумулятора 12 В на случай пропадания напряжения 220 В. Контроллер автоматически заряжает по мере необходимости резервный аккумулятор.

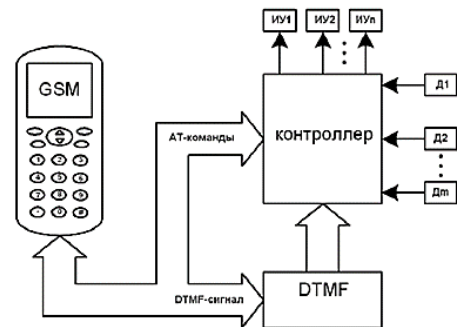


Рис. 4. Принципиальная схема с применением *GSM*-телеметрии

К контроллеру могут подключаться датчики, обеспечивающие выходной сигнал в виде разрыва, замыкания или изменения сопротивления. При срабатывании какого-либо датчика контроллер выполняет операции по запрограммированному ранее алгоритму:

- осуществляет коммутацию заданных исполнительных устройств;
- через подключенный сотовый телефон производит рассылку коротких информационных *SMS*-сообщений по списку телефонов, предварительно занесенному на *SIM*-карту;

Мобильный телефон фермера, на который поступают сообщения, может быть подключен к компьютеру для автоматической диспетчеризации и протоколирования. Если послать с диспетчерского телефона запрос определенного формата, то контроллер в ответном сообщении проинформирует о состоянии датчиков и т.д. [14, 15].

Контроллер имеет встроенные реле для управления исполнительными механизмами, позволяющие коммутировать напряжение 220 В и ток до 5 А. Эти реле могут дистанционно включаться и выключаться по командам, приходящим с телефона. Предусмотрен режим автоматического включения реле при определенных сигналах датчиков. Если необходимо включать мощное оборудование (трехфазные двигатели затворов или насосы), то оно подключается к реле контроллера через промежуточные пускатели нужной мощности [16].

Заключение

В результате реализации автоматизированной системы управления, получено, что:

- 1) создание систем диспетчеризации с одновременной автоматизацией объектов водоканалов является одним из эффективных инструментов повышения их рентабельности;
- 2) несмотря на различие технологических задач, решаемых на разных объектах водоканалов, с точки зрения автоматизации они схожи и для управления ими может быть использовано однотипное оборудование и программное обеспечение;
- 3) возможно повысить точность измерения уровней, расходов и минерализации воды, а также открытия затворов гидротехнических сооружений, за счет применения современных технических средств измерения и учета водных ресурсов (снижение погрешности измерения по расходу от 5-10 до 2-3 %);
- 4) необходимо повысить качество голосовой связи и передачи данных, а также транспортное обеспечение на пилотных каналах;
- 5) происходит улучшение качества информационного обеспечения за счет непрерывного сбора, хранения, передачи и обработки измеренных значений уровней и расходов воды в компьютерах;
- 6) повышение оперативности и точности управления водными ресурсами происходит за счет увеличения скорости получения и обработки информации о технологическом процессе и принятия решений;
- 7) снижаются непроизводительные затраты водных ресурсов;
- 8) становится возможным своевременное обнаружение и устранение неисправности оборудования системы управления и гидротехнических сооружений.

Разработаны схематические решения на базе микроконтроллера AT mega AVR. Эти решения связывались с алгоритмизацией процесса управления на основании суточного графика работы затвора, программного обеспечения управления, привлечения программно-аппаратных средств, а также методов и средств информационно-коммуникационных технологий, позволяющих управлять подачей воды с помощью смартфона фермера [17, 18].

Список использованных источников

1. Указ Президента Республики Узбекистан «Об утверждении концепции развития водного хозяйства республики Узбекистан на 2020-2030 годы» от 10 июля 2020 г., № УП-6024.
2. Постановление Президента Республики Узбекистан от 24 февраля 2021 г., № ПП-5005 «Об утверждении Стратегии управления водными ресурсами и развития сектора ирригации в Республике Узбекистан на 2021–2023 годы. 24 февраля 2021 года».
3. Каландаров, П.И. Программно-техническая реализация задач повышения достоверности измерительной информации / П.И. Каландаров, Б.М. Темербекова // Вестник Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Серия: Приборостроение. – 2012. – № 43. – С. 126-133.
4. Духовный, В.А. Интегрированное управление водными ресурсами: От теории к реальной практике. Опыт Центральной Азии / В.А. Духовный, В.И. Соколов, Х. Мантрилаке – Ташкент, 2008. – 363 с.
5. Мониторинг использования водных ресурсов на уровне АВП: Труды НИИИВП при ТИИМ / М.Р. Икрамов [и др.]. – Ташкент, 2012 г. – 4 с.
6. Бочкарев, Я.В. Новые технологии и средства измерений, методы организации водоучета на оросительных системах. – Новочеркасск: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, 2012. – 273 с.
7. Кизяев, Б.М. Водопользование и водоучет на водохозяйственных и мелиоративных системах агропромышленного комплекса страны. – Москва: ВНИИА, 2004. – 129 с.
8. Усманов, А.М. Совершенствование средств и методов автоматизации учета воды для внутрихозяйственной оросительной сети : Отчет НИР. – Ташкент: ТИИМ, 2014 г.
9. Каландаров, П.И. Анализ системы диспетчерского управления и контроля SCADA на канале Бустон / П.И. Каландаров, А.М. Назарий // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2021. – № 3 (250). – С. 62-65.
10. Каландаров, П.И. О модели инновационной технологии геотермально-бинарной электростанции для электроснабжения и геотермальной воды хозяйств в горных и сельских местностях / П.И. Каландаров, М.С. Кореньков // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2012. – № 2. – С. 16-23.
11. Каримов, А.Х. Повышение продуктивности использования водных ресурсов на уровне фермерских хозяйств / А.Х. Каримов, К.М. Мирзажанов, С.Х. Исаев // Водосбережение: технологии и социально-экономические аспекты. – Тараз, 2002. – 162 с.

12. Каландаров, П.И. Проектное решение и реализация программного обеспечения системы автоматизации технологических процессов производства на нефтегазоперерабатывающих заводах Узбекистана / П.И. Каландаров, М.К. Назарбеков, Б.П. Искандаров // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2011. – № 1-2. – С. 52-60.
13. Ахмежходжаева, И.А. Повышение эффективности водопотребления на уровне АВП и фермерских хозяйств / И.А. Ахмежходжаева, Н. Икрамов : Труды НИИИВП при ТИИМ. – Ташкент, 2012. – 4с.
14. Дикаревский, В.С. Водоснабжение и водоотведение / В.С. Дикаревский, О.Г. Капинос. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2005. – 155 с.
15. Каландаров, П.И. Реализация программы модернизации, технического и технологического перевооружения производства ОАО "АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК" на 2009-2015 гг. / П.И. Каландаров, Р.И. Джураев // Рудник будущего. – 2010. – № 2. – С 78-80.
16. Котюк, А.Ф. Датчики в современных измерениях. – Москва : Наука, 2006. – 225с.
17. Каландаров, П.И. Научные основы влагометрии : монография / П.И. Каландаров, О.С. Логунова, С.М. Андреев. – Ташкент : Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, 2021. – 175 с.
18. Каландаров, П.И. Анализ системы диспетчерского управления и контроля SCADA на канале Бустон / П.И. Каландаров, А.М. Назарий // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования : сб. тез. 79-й междунаро. науч.-техн. конф. – Магнитогорск: Магнитогорск. гос. техн. у-т им. Г.И. Носова, 2021. – С. 374.

Материал поступил в редакцию: 10.09.2021

Материал принят к публикации: 28.10.2021

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

ANALYSIS OF AN AUTOMATED SYSTEM IN THE WATER SECTOR

Kalandarov P.I.

Abstract. An analytical review of automation and technology of water management in the Republic of Uzbekistan is presented, to solve these problems, the work describes the systems of introduction of water-saving technologies, including drip irrigation in cotton fields, and state support, subsidies, as well as the Concept of water resources development until 2030 in Uzbekistan, which provides for an increase in water use efficiency by more than 1 million rubles. ha by increasing the efficiency coefficient, and updating and reconstructing irrigation networks, as well as reducing electricity consumption due to the reconstruction and modernization of pumping units and engines.

The article analyzes the automated control system of the melioration canal as a control object, where classification by the type of circuit solutions is performed, parametric characteristics of the irrigation and irrigation canal control object are given, software and hardware of the automated control and control subsystem are described, which will allow the creation of dispatching systems with simultaneous automation of water utility facilities, innovative solutions for the formation of methods and means of control and management in the water sector are considered.

Keywords: water saving, automated control systems, water accounting, water management, reclamation channel, water utility, control room, water utility dispatching, pump, pumping stations.

References

1. Ukaz Prezidenta Respubliki Uzbekistan «Ob utverzhdenii koncepcii razvitiya vodnogo hozyajstva respub-liku Uzbekistan na 2020 - 2030 gody» ot 10 iyulya 2020 g., № UP-6024.
2. Postanovlenie Prezidenta Respubliki Uzbekistan ot 24 fevralya 2021 g., № PP-5005 «Ob utverzhdenii Strategii upravleniya vodnymi resursami i razvitiya sektora irrigacii v Respublike Uzbekistan na 2021–2023 gody. 24 fevralya 2021 goda».
3. Kalandarov P.I. (2012) *Vestnik Nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta Ukrainy "Kievskij politekhnicheskij institut". Seriya: Priborostroenie*, 43: 126-133.
4. Duhovnyj V.A., Sokolov V.I., Mantrilake X. (2008) *Integrirovannoe upravlenie vodnymi resursami: Ot teorii k real'noj praktike. Opyt Central'noj Azii*. Tashkent.
5. Ikramov M.R. [i dr.] (2012) *Monitoring ispol'zovaniya vodnyh resursov na urovne AVP*. Tashkent.
6. Bochkarev YA.V. (2012) *Novye tekhnologii i sredstva izmerenij, metody organizacii vodoucheta na orositel'nyh sistemah. Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut problem melioracii*. Novocherkassk.
7. Kizyaev B.M. (2004) *Vodopolzovanie i vodouchet na vodohozyajstvennyh i meliorativnyh sistemah agropromyshlennogo kompleksa strany*. VNIIA, Moskva.
8. Usmanov A.M. (2014) *Sovershenstvovanie sredstv i metodov avtomatizacii ucheta vody dlya vnutrihozyajstvennoj orositel'noj seti*. TIIM, Tashkent.
9. Kalandarov P.I., Nazarij A.M. (2021) *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 3 (250) : 62-65.
10. Kalandarov P.I., Korenkov M.S. (2012) *Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i social'noj sferah*, 2: 16-23.
11. Karimov A.H., Mirzazhanov K.M., Isaev S.H. (2002) *Vodosberezhenie: tekhnologii i socialno-ekonomicheskie aspekty*. Taraz.
12. Kalandarov P.I., Nazarbekov M.K., Iskandarov B.P. (2011) *Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i social'noj sferah*, 1-2: 52-60.
13. Ahmezhkhodzhaeva I.A., Ikramov N. (2012) *Povyshenie effektivnosti vodopotrebleniya na urovne AVP i fermerskih hozyajstv*. Tashkent.
14. Dikarevskij V.S., Kapinos O.G. (2005) *Vodosnabzhenie i vodootvedenie*. PGUPS, Sankt-Peterburg.
15. Kalandarov P.I., Dzhujaev R.I. (2010) *Rudnik budushchego*, 2: 78-80.

16. Kotyuk A.F. (2006) *Datchiki v sovremennyh izmereniyah*. Nauka, Moskva.
17. Kalandarov P.I., Logunova, O.S., Andreev, S.M. (2021) *Nauchnye osnovy vlagometrii*. Tashkentskij institut inzhenerov irrigacii i mekhanizacii sel'skogo hozyajstva, Tashkent.
18. Kalandarov P.I., Nazarij A.M. (2021) *Aktualnye problemy sovremennoj nauki, tekhniki i obrazovaniya*. Magnitogorsk. gos. tekhn. u-t im. G.I. Nosova, Magnitogorsk.

ОБ АВТОРАХ:

Каландаров Палван Искандарович – доктор технических наук, профессор. Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, г. Ташкент, Республика Узбекистан. E-mail: eest_uz@mail.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Каландаров, П.И. Анализ автоматизированной системы управления в водном хозяйстве / П.И. Каландаров // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т.9. – № 2. – С. 21-28.
DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-21-28.

Kalandarov P.I. (2021) Analysis of an automated system in the water sector. Software of systems in the industrial and social fields. 9 (2): 21-28. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-21-28

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Шеметов А.Н., Ильина Е.А., Кондрашова Ю.Н.

Аннотация: Непрерывный рост электропотребления в городах связан с увеличением количества и качества жизни жителей, развитием промышленности, а также с применением электрической энергии во все новых сферах жизнедеятельности человека. Обработка информации в системе автоматизированного проектирования электроснабжения жилых микрорайонов позволяет определить оптимальную мощность и местоположение источников питания, выбрать наилучшую конфигурацию электрической сети и характеристики ее элементов. В статье рассмотрен первый элемент комплексной системы автоматизированного проектирования жилого микрорайона – модуль расчета электрических нагрузок. Цель разработки – уменьшение времени и стоимости проектирования систем городского электроснабжения, исключение ошибок при выборе и обработке необходимых справочных данных. Проведенный анализ исходных данных позволил выполнить описание типов объектов жилого микрорайона, выделить категории и подкатегории потребителей электроэнергии. По разработанному алгоритму расчета электрических нагрузок, основанному на нормативных документах, спроектировано оригинальное программное обеспечение «ElectroPowerCalc-City», сокращающее трудозатраты и возможные ошибки специалистов, работающих в области проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.

Ключевые слова: электроснабжение, электрическая нагрузка, микрорайон, электроприемник, мощность, картограмма, источник питания.

Введение

Современный город является крупным потребителем электрической энергии, так как в нем расположено большое количество энергоемких объектов: коммунальных и промышленных предприятий, жилых домов и общественных зданий. Для всех городов характерен рост непрерывный электропотребления, который связан не только с увеличением количества жителей и развитием промышленности, но также с непрерывным проникновением электрической энергии во все новые сферы жизнедеятельности человека. Грамотное построение системы электроснабжения в процессе проектирования новых или реконструкции существующих городских электрических сетей невозможно без современных систем автоматизированного проектирования (САПР), которые позволяли бы выполнять расчет электрических нагрузок, определять оптимальную мощность и местоположение источников питания, выбирать конфигурацию электрической сети и параметры ее элементов.

Современные системы электроснабжения отличаются большой размерностью и разнообразием элементов. Количество электроприемников, даже небольшого городского микрорайона, измеряется сотнями тысяч единиц, а их режимы работы могут существенно различаться в зависимости от местных условий. Мощность центров питания не может определяться простым суммированием нагрузок отдельных потребителей, поскольку они включаются в разные моменты времени и работают с неодинаковым коэффициентом загрузки. Поэтому потребляемая мощность каждого проектируемого объекта зависит от большого количества факторов, а ее определение сопряжено с большими вычислительными трудностями.

Таким образом, для автоматизации расчетов необходимо разработать специализированное программное обеспечение, которое в диалоговом режиме позволяло бы формировать ведомость электрических нагрузок, выбирать необходимые справочные данные и получать корректные достоверные результаты, при этом снижая риск ошибки и трудозатраты проектировщика.

Для достижения поставленных целей, необходимо решить следующие задачи: классифицировать потребители электроэнергии городского микрорайона; разработать проектные решения для автоматизации расчёта электрических нагрузок; выбрать оптимальный вариант программной реализации заданного алгоритма расчета; выполнить опытную эксплуатацию программного обеспечения для расчета электрических нагрузок.

Классификация потребителей электроэнергии городского микрорайона

Для формирования ведомости электрических нагрузок нужно учесть и классифицировать все потребители электроэнергии. Современные жилые дома и общественные здания

насыщены электроприемниками различного назначения, мощности и режимов работы, которые подразделяются на две группы:

- а) технологические электроприемники квартир и общественных зданий;
- б) электроприемники общедомового и коммунального назначения.

К первой группе относятся осветительные и бытовые электроприборы, а также оборудование, необходимое для выполнения основных технологических операций в том или ином общественном здании; ко второй — светильники лестничных клеток, технических подполий, чердаков, вестибюлей, холлов, служебных и других помещений, лифтовые установки, насосы водоснабжения, вентиляционные системы, а также различные противопожарные устройства, домофоны и т.п.

К дополнительным критериям, определяющим уровень электрических нагрузок жилых зданий, относятся: вид энергоносителя для кухонных; наличие стационарных кондиционеров воздуха; использование систем электрического отопления и горячего водоснабжения.

В целом, электрическая нагрузка жилого дома определяется суммой потребляемой мощности электроприемников отдельных квартир и общедомовых нужд (ОДН).

Объекты общественно-коммунального сектора при расчете электрических нагрузок подразделяются на следующие подгруппы: предприятия общественного питания (столовые, кафе и пр.); предприятия торговли (магазины продуктов и промышленных товаров); учреждения здравоохранения (больницы, поликлиники, аптеки); детские дошкольные учреждения (ясли, детсады); общеобразовательные школы; учебные заведения (высшие, средние, специальные); учреждения культуры и искусства (театры, музеи, библиотеки и др.); предприятия бытового обслуживания (химчистки, парикмахерские и др.); учреждения коммунального хозяйства; спортивные сооружения (стадионы, бассейны и пр.).

Перечень электроприемников на этих объектах весьма разнообразен. На предприятиях общественного питания основными потребителями электроэнергии являются установки термической обработки продуктов (электроплиты, духовые шкафы) и установки нагрева воды для мытья посуды и приготовления пищи. На эти цели расходуется до 60-75% потребляемой энергии. Остальные 25-40% затрачиваются на освещение (10%), на работу механического оборудования для обработки продуктов (5%), компрессоры холодильных установок (5%), вентиляционные установки (5%) и прочее.

В продовольственных магазинах основные потребители — это холодильные установки различного типа (холодильные камеры, охлаждаемые прилавки и витрины), а также установки электрического освещения и кондиционеры. Именно они и формируют базовую электрическую нагрузку. Установленная мощность прочего вспомогательного оборудования (лифтовых и эскалаторных установок, систем пожаротушения, звукового оповещения и т.п.) незначительна, а коэффициент использования этих механизмов очень низок — не более 0,1.

Энергоемкое технологическое оборудование образовательных и детских дошкольных учреждений, в основном также предназначено для приготовления пищи, отопления помещений и подогрева воды. По мощности установленного оборудования на первом месте стоят плиты и духовые шкафы пищеблоков, т.к. по требованиям пожарной безопасности и санитарно-техническим нормам применение газового оборудования в таких учреждениях запрещается.

В больницах и поликлиниках наиболее энергоемкими являются электротермические установки: автоклавы, стерилизаторы, дистилляторы и сушильные шкафы, — а также рентгенографические приборы (флюорографы, томографы и т.п.). Прочее оборудование имеет незначительную единичную мощность и кратковременный режим работы, что позволяет не учитывать его в расчетах отдельно.

Следует отметить, что перечень и установленная мощность электроприемников жестко привязаны к технологической производительности или пропускной способности общественных зданий, поэтому в расчете электрических нагрузок широко используются удельные величины электропотребления. Примеры нормативных значений удельных электрических нагрузок приведены в табл. 1 и 2.

Удельные электрические нагрузки квартир жилых зданий

Потребители электроэнергии	Удельная мощность нагрузки (кВт/квартиру) при количестве квартир, равном...													
	1-5	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
Квартиры с плитами														
– на природном газе	4,5	2,8	2,3	2	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,71	0,69	0,67
– на сжиженном газе и твердом топливе	6	3,4	2,9	2,5	2,2	2	1,8	1,4	1,3	1,08	1	0,92	0,84	0,76
– электрическими, мощностью 8,5 кВт	10	5,1	3,8	3,2	2,8	2,6	2,2	1,95	1,7	1,5	1,36	1,27	1,23	1,19

Таблица 2

Удельные электрические нагрузки общественных зданий

Здание	Единица измерения	Удельная нагрузка
<i>I. Предприятия общественного питания</i>		
Полностью электрифицированные:		
1 до 400 посадочных мест	кВт/место	1,04
2 от 400 до 1000 посадочных мест	кВт/место	0,86
3 свыше 1000 посадочных мест	кВт/место	0,75
С плитами на газообразном топливе:		
4 до 400 посадочных мест	кВт/место	0,81
5 от 400 до 1000 посадочных мест	кВт/место	0,69
6 свыше 1000 посадочных мест	кВт/место	0,56
<i>II. Продовольственные магазины</i>		
7 Без кондиционирования воздуха	кВт/м ² торгового зала	0,23
8 С кондиционированием воздуха		0,25
<i>III. Промтоварные магазины</i>		
9 Без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,14
10 С кондиционированием воздуха	кВт/место	0,16
<i>IV. Общеобразовательные школы</i>		
11 С электрифицированными столовыми и спортзалами	кВт/учащегося	0,25
12 Без электрифицированных столовых, со спортзалами	кВт/место	0,17
13 С буфетами, без спортзалов	кВт/место	0,17
14 Без буфетов и спортзалов	кВт/место	0,15
15 Профессионально-технические училища	кВт/место	0,46
16 Детские ясли-сады	кВт/место	0,46
<i>V. Кинотеатры и киноконцертные залы</i>		
17 С кондиционированием воздуха	кВт/место	0,14
18 Без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,12
19 Клубы	кВт/место	0,46
<i>VI. Административные здания</i>		
20 С кондиционированием воздуха	кВт/м ² общей площади	0,054
21 Без кондиционирования воздуха		0,043
<i>VII. Предприятия коммунально-бытового обслуживания</i>		
22 Фабрики химчистки и прачечные	кВт/кг вещей	0,075
23 Парикмахерские	кВт/рабочее место	1,5
<i>VIII. Гостиницы</i>		
24 С кондиционированием воздуха	кВт/место	0,46
25 Без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,34
26 Дома отдыха и пансионаты без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,36
27 Детские лагеря отдыха	кВт/м ² жил. помещений	0,023
<i>IX. Медицинские учреждения</i>		
28 Больница-стационар с пищеблоком	кВт/койко-место	2,5
29 Хирургический корпус		0,7
30 Поликлиники	кВт/посещ. в смену	0,15

Алгоритм расчета электрических нагрузок в городском микрорайоне

Методика определения расчетных электрических нагрузок приводится в соответствии с требованиями СП 31-110-2003 [1]. Расчет нагрузок жилых домов и общежитий производится, как правило, по удельной мощности нагрузок на одну квартиру. Общая расчетная нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников) определяется по формуле:

$$S_{\text{жил.д.}} = \frac{P_{\text{кв.}}}{\cos \varphi_{\text{кв.}}} + 0,9 \frac{P_{\text{с.}}}{\cos \varphi_{\text{с.}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{с.}}$ и $\cos \varphi_{\text{с.}}$ – расчетная активная нагрузка (кВт) и коэффициент мощности силовых электроприемников ОДН – определяется по их паспортным данным; $P_{\text{кв.}}$ и $\cos \varphi_{\text{кв.}}$ – то же для электроприемников квартир – определяется по формуле:

$$P_{\text{кв.}} = p_{\text{кв.уд.}} \cdot n, \quad (2)$$

где $p_{\text{кв.уд.}}$ – удельная нагрузка (кВт/квартиру), принимаемая по табл. 1, в зависимости от числа квартир n .

Расчетная электрическая нагрузка городского микрорайона определяется путем частичного суммирования максимальных нагрузок расположенных в нем объектов (жилых и общественных зданий) с учетом коэффициента несовпадения максимумов:

$$P_{\text{расч.}} = P_{\text{зд.макс.}} + k_1 P_{\text{зд.1.}} + k_2 P_{\text{зд.2.}} + \dots + k_n P_{\text{зд.n-1.}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{зд.макс.}}$ – наибольшая из нагрузок зданий, питаемых данной линией или трансформаторной подстанцией, кВт; $P_{\text{зд.1.}} - P_{\text{зд.n-1.}}$ – расчетные нагрузки остальных зданий, питаемых линией (трансформаторной подстанцией), кВт; k_1, k_2, k_n – коэффициенты, учитывающие долю электрических нагрузок соответствующих общественных зданий и жилых домов (квартир и силовых электроприемников).

Центр электрических нагрузок (ЦЭН) на плане района рассчитывается по формуле:

$$X_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i}, \quad (4)$$

$$Y_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum P_i \cdot y_i}{\sum P_i}, \quad (5)$$

где P_i – расчетная нагрузка каждого i -го объекта, кВт; x_i, y_i – координата местоположения каждого объекта, м.

Принципы функционирования программного продукта

Как отмечено выше, в настоящее время расчеты электрических нагрузок жилых и общественных зданий, производятся на основании Инструкции [2] и ПУЭ [3], которые содержат большое количество справочных табличных данных. Необходимым условием удобства и корректности расчета является грамотная проработка человеко-машинного интерфейса САПР. Обзор литературы и экспертные оценки [3-7] показали, что прогнозные и расчетные значения в практике проектирования и эксплуатации систем электроснабжения принято оформлять в виде электронных таблиц. Поэтому для удобства пользователей разрабатываемое программное обеспечение должно быть совместимо с табличным редактором *Microsoft Excel*, а непосредственно для автоматизации расчета данных и работы с ними используется *Visual Basic for Applications*, встроенный в линейку продуктов *Microsoft Office*.

Исходя из этих соображений авторами разработано специальное программное приложение *ElectroPowerCalc-City* [8], реализующее описанный выше алгоритм.

Работа программы представлена на рис. 1-6.

Программное обеспечение

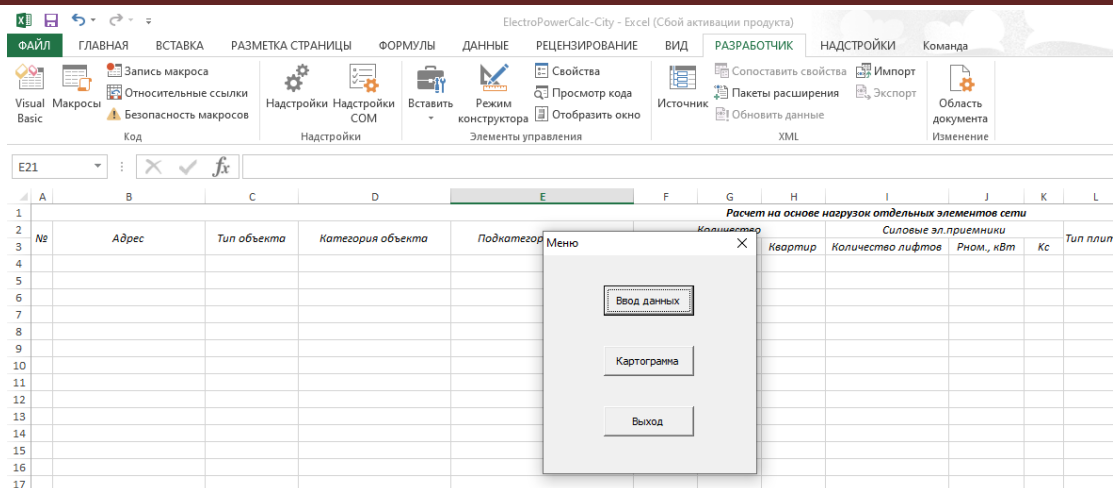


Рис. 1. Вид программы при запуске

После запуска формы, необходимо нажать кнопку «Ввод данных» и заполнить входные данные. На рис. 2 представлен вид формы «Расчет электрических нагрузок жилого микрорайона» для ввода информации.

Рис. 2. Начальный вид формы «Расчет электрических нагрузок жилого микрорайона»

После запуска формы «Расчет электрических нагрузок жилого микрорайона» пользователю необходимо заполнить требуемые поля для ввода. У каждого типа объекта поля для ввода данных отличаются, так как каждый объект уникален. Все необходимые данные хранятся в листе «Объекты». После выбора типа необходимо выбрать категорию и подкатегорию объекта. На рис. 3-4 представлены формы заполнения данных для различных объектов.

Программное обеспечение

Расчет электрических нагрузок жилого микрорайона

№ 50

Адрес Ул.Кусимова,11

Координаты X 415,8 Y 284,0732

Тип объекта Жилые здания

Категория объекта Квартиры с плитами на природном газе

Характеристика объекта

Количество		
Подъездов	Этажей	Квартир
3	5	60
Количество лифтов		
Мощность лифта		
Удельная мощность		

В таблицу Очистить форму Очистить лист Выход

Характеристика жилых зданий

Характеристика объекта

Количество	
Нагнетателей	1
Турбовоздуховодов	
Компрессоров	

Frame8

Марка	
Нагнетателей	
Турбовоздуховодов	
Компрессоров	

Рис. 3. Вид формы для заполнения для объектов жилого здания

Расчет электрических нагрузок жилого микрорайона

№ 50

Адрес Ул.Булякова,15

Координаты X 415,8 Y 284,0732

Тип объекта Общие здания

Категория объекта Продовольственные магазины

Подкатегория объекта С кондиционированием воздуха

Характеристика объекта

Количество		
Подъездов	Этажей	Квартир
3	9	115
Количество лифтов	3	
Мощность лифта	9	
Удельная мощность	13.34	

В таблицу Очистить форму Очистить лист Выход

Характеристика общественных зданий

Площадь продовольственного магазина 58

Рис. 4. Вид формы для заполнения для объектов общественного здания

После успешно заполнения данных необходимо нажать на кнопку «В таблицу», которая находится слева на первой позиции снизу. После нажатия на кнопку входные данные отображаются на листе «Данные».

Программное обеспечение

№	Адрес	Тип объекта	Категория объекта	Подкатегория объекта	Расчет на основе нагрузок отдельных элементов сети										Расчетная нагрузка		Координаты	
					Подъезды	Этажи	Квартир	Количество лифтов	Рном, кВт	Кс	Тип плиты	Удельная мощность	Технологическая характеристика	Рвасс, кВт	Срасс, кВт	Срасс, кВт	X	Y
1	Чайковского,9	Общественные здания	Медицинские учреждения	Политехнический институт	0	2	0	0						15	30	15	159,40	710,18
2	Чайковского,15	Общественные здания	Медицинские учреждения	Политехнический институт	0	4	0	0						30	200	30	304,15	717,41
3	Чайковского,26	Общественные здания	Медицинские учреждения	Политехнический институт	7	5	90	0						22,5	150	22,5	115,50	611,48
4	Чайковского,26	Жилые здания	Квартиры с плитками на природном газе		7	5	116	0						98,6	0	98,6	204,05	587,41
5	Чайковского,28/1	Общественные здания	Медицинские учреждения	Политехнический институт	1	1	0	0						12	80	12	165,55	621,11
6	Чайковского,30	Общественные здания	Интерьерные и вспомогательные залы		1	3	0	0						41,4	90	41,4	257,95	577,78
7	Чайковского,32	Жилые здания	Квартиры с плитками на природном газе		7	5	77	0						80,85	0	80,85	315,70	628,33
8	Чайковского,32/1	Жилые здания	Квартиры с плитками на природном газе		4	5	60	0						63	0	63	314,93	558,52
9	Саратовской,2	Жилые здания	Квартиры с плитками на природном газе		4	5	55	0						66	0	66	65,45	235,89
10	Саратовской,4	Жилые здания	Квартиры с плитками на природном газе		5	5	54	0						64,8	0	64,8	73,15	322,59
11	Саратовской,4/1	Жилые здания	Квартиры с плитками на природном газе		3	5	36	0						50,4	0	50,4	96,25	361,11
12	Саратовской,6	Общественные здания	Производственные магазины	Без кондиционирования воздуха	4	5	55	0						22,5	90	22,5	50,05	433,33
13	Саратовской,6/1	Общественные здания	Производственные магазины	Без кондиционирования воздуха	3	5	42	0						22,5	80	22,5	80,85	399,65
14	Саратовской,6/2	Жилые здания	Квартиры с плитками на природном газе		3	5	35	0						49	0	49	123,20	414,07
15	Саратовской,8	Жилые здания	Квартиры с плитками на природном газе		5	5	56	0						67,2	0	67,2	37,75	517,59
16	Саратовской,8/1	Жилые здания	Квартиры с плитками на природном газе		3	5	35	0						49	0	49	80,85	558,52
17	Саратовской,8/К	Общественные здания	Производственные магазины	Без кондиционирования воздуха	0	1	0	0						60	22,5	22,5	86,63	447,78

Рис. 5. Входные данные объектов жилого микрорайона

После заполнения данных нужно открыть окно «Меню» и нажать на кнопку «Картограмма». Программа автоматически произведет расчет и на основе этих данных выдаст результат, в которой отображаются объекты жилого микрорайона и местоположение источника питания. После чего эксперт на основе полученных результатов выбирает тип и номинальную мощность трансформатора с помощью *Visual ElectroPowerCalc-City* [9].

Таким образом, на экран выводятся объекты жилого микрорайона, и красным цветом отображается местоположение источника питания, что представлено на рис. 6.

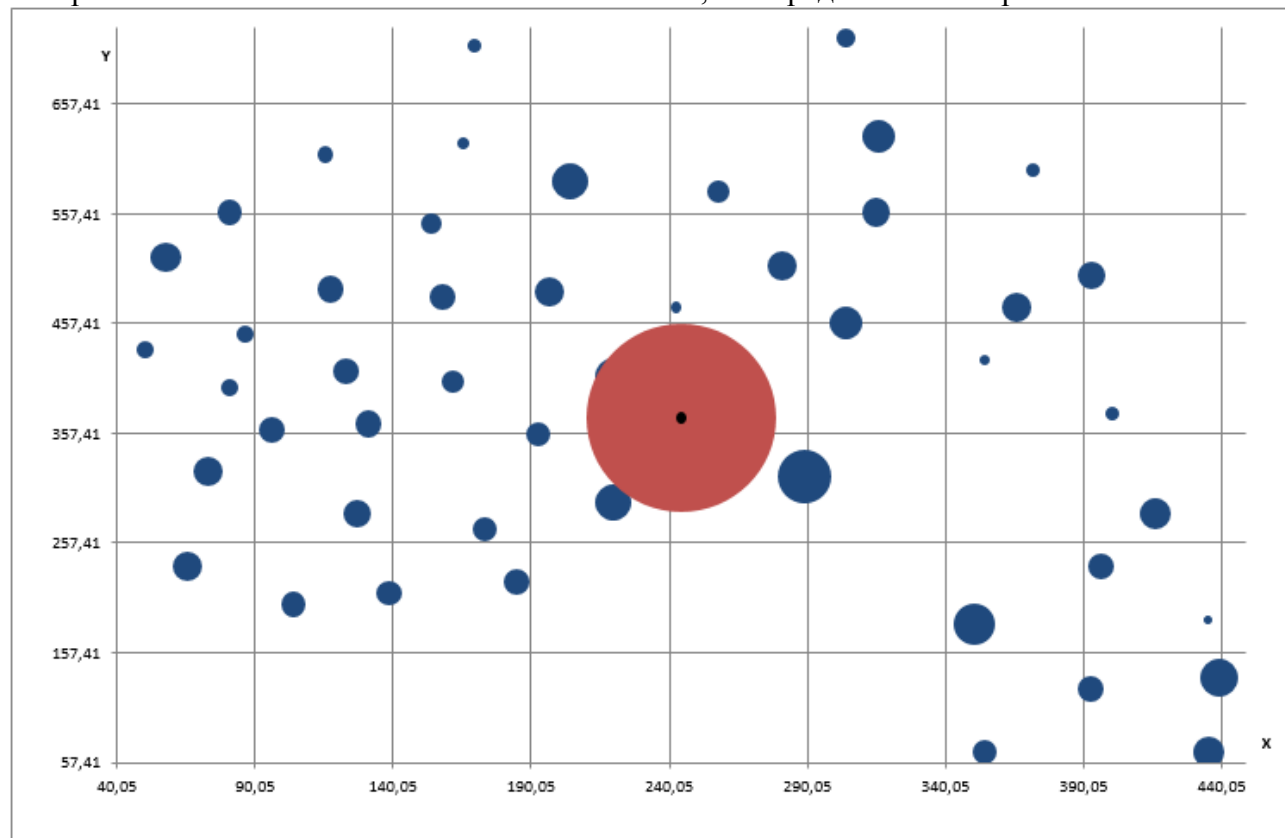


Рис. 6. Картограмма жилого микрорайона

Заключение

В данной работе создан первый элемент САПР проектирования электроснабжения жилого микрорайона:

1. Проведен анализ исходных данных. Описаны типы объектов жилого микрорайона. выделены категории и подкатегории объектов.

2. Разработан алгоритм расчета электрических нагрузок, основанный на нормативных документах и адаптированный под работу с электронными таблицами.
3. Разработано и отлажено оригинальное программное обеспечение, сокращающее трудозатраты и возможные ошибки специалистов, работающих в области проектирования и эксплуатации систем электроснабжения.
4. Произведена оценка качества программных средств. Выполнены тестовые расчеты на известных ранее данных. Результат проверки показал, что программное обеспечение «ElectroPowerCalc-City» работает исправно.

Список использованных источников

1. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс] : СП 31-110-2003 – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294815/4294815197.pdf>. Режим доступа – свободный (дата обращения 01.10.2021).
2. Инструкция по проектированию городских электрических сетей [Электронный ресурс] : РД 34.20.185-94 : утв. Министерством топлива и энергетики РФ 07.07.1994. : ввод в действие с 01.01.1995. – URL: <http://base.garant.ru/199459/>. Режим доступа – свободный (дата обращения 01.10.2021).
3. Правила устройства электроустановок. Изд-е седьмое. [Электронный ресурс] / утв. Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204. – URL: <https://base.garant.ru/3923497/>. Режим доступа — свободный (дата обращения 01.10.2021).
4. Белых, Г.Б. Электроснабжение отраслей / Г.Б. Белых, А.Н. Шеметов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 255 с.
5. Шведов, Г.В. Электроснабжение городов: электропотребление, расчетные нагрузки, распределительные сети [Текст]. – М.: Издательский дом «МЭИ», 2012. – 268 с.
6. Современные проблемы и перспективы формирования модели управления энергохозяйством на предприятиях горно-металлургического комплекса [Текст] / А.Н. Шеметов [и др.] // Электротехнические системы и комплексы. – 2016. – № 4 (33). – С. 41-48.
7. Федорова, С.В. Развитие диспетчеризации электрохозяйства промышленного предприятия как шаг к его цифровой трансформации [Текст] / С.В. Федорова, А.Н. Шеметов // Электротехнические системы и комплексы. – 2019. – № 3 (44). – С. 27-33.
8. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2021661833 от 16.07.2021 г. ElectroPowerCalc-City [Текст] / А.Н. Шеметов [и др.] : Заявка № 2021661010 от 14.07.2021.
9. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2021666129 от 8.10.2021 г. Visual ElectroPowerCalc-City [Текст] / А.Н. Шеметов [и др.] : Заявка № 2021665469 от 5.10.2021.

Материал поступил в редакцию: 24.10.2021
Материал принят к публикации: 01.11.2021

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

INFORMATION PROCESSING IN THE AUTOMATED POWER SUPPLY SYSTEM OF A RESIDENTIAL MICRODISTRICT FOR DETERMINING ELECTRIC LOADS

Shemetov A.N., Ilina E.A., Kondrashova Yu.N.

Abstract. The continuous growth of electricity consumption in cities is associated with an increase in the number and quality of life of residents, the development of industry, as well as with the use of electric energy in ever new spheres of human activity. Information processing in the computer-aided design of power supply for residential areas allows you to determine the optimal power and location of power sources, select the best configuration of the electrical network and the characteristics of its elements. The article considers the first element of an integrated computer-aided design of a residential neighborhood - a module for calculating electrical loads. The purpose of the development is to reduce the time and cost of designing urban power supply systems, to eliminate errors in the selection and processing of the necessary reference data. The analysis of the initial data made it possible to describe the types of objects in a residential microdistrict, to single out categories and subcategories of electricity consumers. According to the developed algorithm for calculating electrical loads based on regulatory documents, the original software "ElectroPowerCalc-City" was designed, which reduces labor costs and possible errors of specialists working in the design and operation of power supply systems.

Keywords: blast furnace, clustering, neural network, regimes, Kohonen self-organizing map.

References

1. *Design and Installation of Electrical Installations of Residential and Public Buildings.* URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294815/4294815197.pdf>.
2. *Instrukciya po proektirovaniyu gorodskih elektricheskikh setej.* — URL: <http://base.garant.ru/199459/>.
3. *Pravila ustrojstva elektroustanovok.* URL: <https://base.garant.ru/3923497/>.

4. Belyh G.B., Shemetov A.N. (2013) *Elektrosnabzhenie otraslej. Izd-vo Magnitogors.gos. tekhn. un-ta im. G.I. Nosova*, Magnitogorsk.
5. Shvedov G.V. *Elektrosnabzhenie gorodov: elektropotreblenie, raschetnye nagruzki, raspreditel'nye seti*. Izdatel'skij dom «MEI», М.
6. Shemetov A.N. [i dr.] (2016) *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы*, 4 (33): 41-48.
7. Fedorova S.V., Shemetov A.N. (2019) *Elektrotekhnicheskie sistemy i komplekсы*, 3 (44): 27-33.
8. Shemetov A.N. [i dr.] (2021) *ElectroPowerCalc-City*.
9. Shemetov A.N. [i dr.] (2021) *Visual ElectroPowerCalc-City*.

ОБ АВТОРАХ:

Шеметов Андрей Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий, ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, a.shemetov@magtu.ru.

Ильина Елена Александровна – канд. пед. наук, доцент кафедры вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет», г. Магнитогорск. Email: dar_nas@mail.ru.

Кондрашова Юлия Николаевна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий, ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, rotjuil720@mail.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Шеметов, А.Н. Обработка информации в системе автоматизированного проектирования электроснабжения жилого микрорайона для определения электрических нагрузок / А.Н. Шеметов, Е.А. Ильина, Ю.Н. Кондрашова // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т.9. – № 2. – С. 29-37. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-29-37.

Shemetov A.N., Ilna E.A. and Kondrashova Yu.N. (2021) Information processing in the automated power supply system of a residential microdistress for determining electric loads. Software of systems in the industrial and social fields. 9 (2): 29-37.

DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-29-37.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕХОДА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ОТ БУМАЖНОГО РАСПИСАНИЯ К ЦИФРОВОЙ ВЕРСИИ В ВИДЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

Охотниченко А.В., Кухта Ю.Б.

Аннотация: Многие образовательные учреждения в своей работе активно используют различное программное обеспечение, позволяющее автоматизировать многие рутинные процессы, значительно облегчая работу персоналу и снижая временные издержки. К числу таких систем можно отнести мобильное приложение для отображения расписания студентов и преподавателей. Представленный проект был реализован с использованием среды разработки *Android Studio* на языке программирования *Kotlin*. Благодаря расширенной системе фильтров приложение позволяет отображать расписание студентов и преподавателей с указанием номера аудитории, формировать список пар в определенном кабинете или отображать пары по выбранной дисциплине. Дополнительный функционал в виде сохранения расписаний, виджета для главного экрана, расписания звонков и модуля для обратной связи позволяет упростить взаимодействие пользователя с системой. Поскольку расписание может изменяться в течение семестра, в приложении реализована система *push*-уведомлений, позволяющая уведомить пользователя об этом. Для работы мобильного приложения развернут веб-сервер, на котором хранится база данных с расписанием и *API* для ее получения, а интеграция с информационной системой «Авторасписание» позволяет поддерживать базу данных в актуальном формате.

Ключевые слова: расписание, мобильное приложение, Android, университет, образовательное учреждение, цифровизация.

Введение

Университет МГТУ им. Г.И. Носова города Магнитогорска (далее – университет) создан 9 апреля 1934 года. За годы своего существования университет стал важным звеном в цепи отношений общества и государства. С момента создания университета до 2001 года вся поступающая информация хранилась только на бумажных носителях, а расписание студентов долгое время размещалось только на стендах, не имея электронного аналога, что было крайне неудобно. Для перехода к цифровой версии расписания, в первую очередь, требовалось оцифровать бумажное расписание. Для этих целей в МГТУ им. Г.И. Носова в 2012 году была введена в работу информационная система «Авторасписание» [1]. Результатом работы системы является сгенерированный файл с расписанием, организовать доступ к которому необходимо было как преподавателям, так и студентам.

Решить эту проблему позволила разработка мобильного приложения. Результаты анализа теоретических и практических разработок в области цифровизации расписания показали, что большинство разработок приходится на мобильные приложения [2-10]. Среди существующих русскоязычных аналогов, доступных в Play Market, проанализировано 25 мобильных приложений (табл. 1). Большая часть приложений отображает расписание на текущую неделю и предоставляют возможность найти расписание группы или преподавателя. Также большая часть приложений не имеет виджета, который упрощает просмотр расписания. К недостаткам можно отнести перегруженный и недружелюбный интерфейс, устаревший дизайн и скудный функционал.

Анализ результатов разработок показал необходимость в проектировании и разработке мобильного приложения по отображению расписания учащихся для образовательных учреждений, включая университеты.

Адаптивная архитектура мобильного приложения

Разработанный модуль ориентирован на создание информационной системы расписания студентов и преподавателей. Его архитектура позволила обеспечить удобный поиск и предоставление информации. На рис. 1 изображена концепция архитектуры, предоставляющая следующий функционал: подбор расписания на основе системы фильтров; получение расписания от удаленного сервера; проверка наличия доступных обновлений расписания; хранение полученного расписания в локальной базе данных; отображение расписания в мобильном приложении и в формате виджета; обратная связь через *E-mail*.

Анализ мобильных приложений

Мобильное приложение	Поиск расписания группы	Поиск расписания преподавателя	Поиск расписания по аудиториям	Виджет для главного экрана
TSU.InTime – расписание	+	+	+	+
Расписание занятий – Sked	+	+	-	+
Кампус – Расписание занятий	+	+	-	+
Расписание БГПУ	+	+	-	+
Расписание БГУИР	+	+	-	+
Расписание ПВГУС	+	+	+	-
Расписание УГАТУ	+	+	+	-
Расписание КузГТУ	+	+	+	-
Расписание занятий СПБгЭУ	+	+	+	-
МГТУ им. Н.Э. Баумана	+	+	+	-
Расписание ИКТИБ	+	+	+	-
АГТУ.Расписание	+	+	+	-
Мой СибГУ	+	+	+	-
Расписание МАГУ	+	+	+	-
Расписание БелГУ	+	+	-	-
Расписание БГУ	+	+	-	-
Расписание БиП	+	+	-	-
НФ БашГУ	+	+	-	-
БГЭУ – расписание занятий	+	-	-	-
Расписание НВГУ	+	-	-	-
ITMO.STUDENTS	+	-	-	-
МИТСО – расписание занятий	+	-	-	-
Расписание ТИУ	+	-	-	-
Физтех.Расписание	+	-	-	-
ИРННТУ	+	-	-	-

Архитектура мобильного приложения основана на паттерне MVVM (*Model-View-ViewModel*) и реализована на языке программирования *Kotlin* с помощью среды разработки *Android Studio*. Она предполагает наличие удаленного сервера, содержащего базу данных с расписанием. Сервер может обмениваться данными с приложением через шлюз (*API*). Методы *API* можно резюмировать следующим образом:

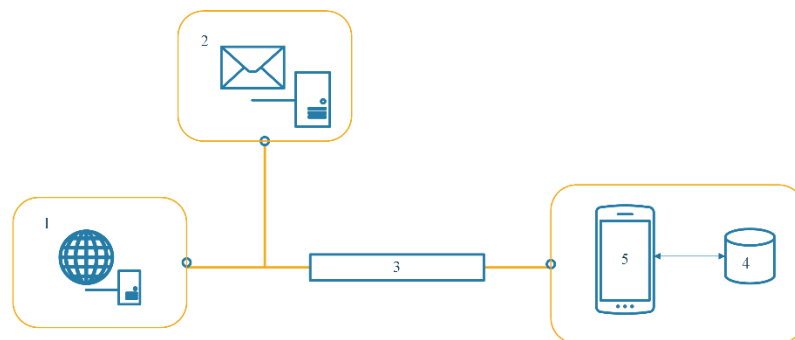


Рис. 1. Концепция мобильного приложения
 1 – веб-сервер; 2 – почтовый сервер; 3 – сеть Интернет;
 4 – локальная база данных; 5 – мобильное устройство пользователя

- получение расписания – информация по заданным фильтрам формирует расписание на нечетную и четную недели;
- получение списка фильтров – отфильтровывает информацию по заданным параметрам;
- получение данных о преподавателе – отображает информацию о преподавателе: ФИО, кафедра, кабинет, преподаваемые дисциплины, текущая аудитория, если есть пара, и его расписание;
- получение информации о работе сервера – выводит дату последнего обновления базы данных, *E-mail* для обратной связи;
- получение информации о пользователе – показывает «аватар» и инициалы авторизованного пользователя.

Адаптивность архитектуры достигается за счет следующих основных элементов: изменение списка доступных фильтров на стороне сервера; редактирование базы данных на сер-

вере без ошибок на стороне пользователя; автоматическое обновление расписания. В различных сценариях могут быть использованы два источника информации о расписании: удаленный сервер, хранящий актуальную версию расписания, и локальная база данных, хранящая последнюю версию, полученную от удаленного сервера. Локальная база данных сохраняет текущее расписание до тех пор, пока не изменится дата обновления базы данных на удаленном сервере, либо пока не будет выполнен запрос на обновление от пользователя.

Сетевая архитектура

Архитектура системы (рис. 2) использует локальные и удаленные источники данных. Локальный источник позволяет обмениваться между приложением и базой данных, удаленный источник – между приложением и удаленным сервером. Кроме того, удаленный источник дает возможность централизованно обновить расписание на всех устройствах.

Такая архитектура позволяет обновлять базу данных без привлечения в этот процесс человека.

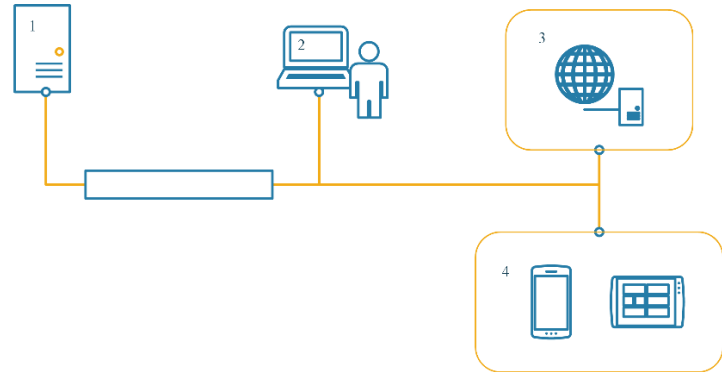


Рис. 2. Архитектура системы:
1 – ИС «Авторасписание»; 2 – центр управления;
3 – веб-сервер; 4 – пользователи

Система обновления базы данных

Система обновления базы данных отвечает за поддержание информации по расписанию студентов и преподавателей в актуальном виде. Если для студентов очной формы обучения расписание стабилизируется в начале семестра, то для студентов заочной формы обучения расписание может меняться несколько раз в семестр. Схема базы данных представлена на рис. 3.



Рис. 3. Схема базы данных

Для контроля, за обновлением, можно использовать функцию генерации отчета, который отсылается на электронную почту разработчика, содержащего следующие данные – дата, время и статус обновления: успешно обновлено или ошибка обновления. При фиксации обновления вызывается команда, которая редактирует дату последнего изменения базы данных. Если в процессе обновления возникли ошибки, система возвращает базу данных в последнее сохраненное состояние. Для реализации этой функции все запросы исполняются внутри одной транзакции.

Мобильное приложение

Важным аспектом системы является удобство взаимодействия пользователя с приложением. На рис. 4 показан интерфейс мобильного приложения для рассматриваемой задачи. Программный продукт имеет две вкладки: первая необходима для интерактивного отображения расписания, а вторая – для персонализации. Функционал интерфейсной части, представленной на рис. 4а, позволяет отображать расписание студентов и преподавателей на неделю, а так же позволяет переходить на страницу преподавателя, обновлять расписание, переключаться между нечетной и четной неделями и использовать фильтров для выбора той или иной информации.

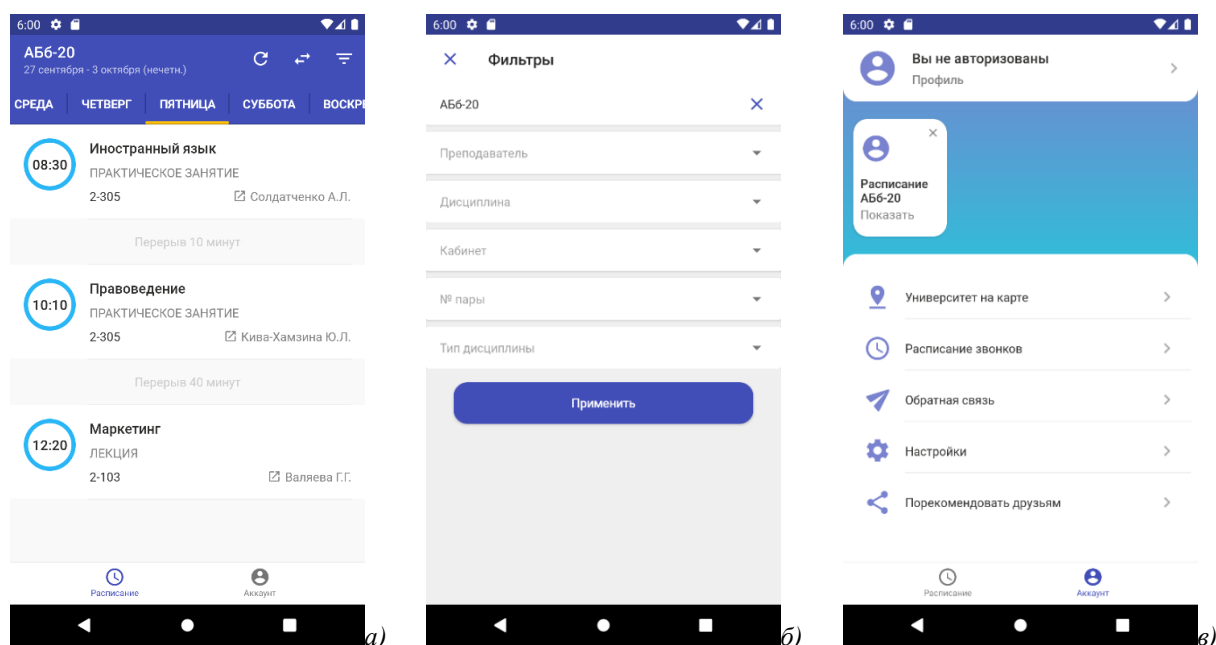


Рис. 4. Интерфейсная часть мобильного приложения:
 а – пользовательский интерфейс страницы расписания;
 б – пользовательский интерфейс страницы выбора фильтров;
 в – пользовательский интерфейс страницы пользователя

Функционал интерфейсной части модуля фильтрации, представленный на рис. 4б, позволяет осуществлять поиск расписания по четырем основным фильтрам (группа, преподаватель, дисциплина, кабинет) и двум дополнительным (номер пары и тип дисциплины), на основании которых будет сформировано расписание. Функционал интерфейсной части модуля персонализации, представленный на рис. 4в, позволяет переключаться между сохраненными расписаниями, просматривать основные точки интереса на карте, поддерживать обратную связь с разработчиками, настраивать виджет с расписанием для главного экрана и push-уведомления.

На рис. 5 представлен алгоритм генерации расписания на основе информации, хранящейся в базе данных сервера. Алгоритм этой функции реализован следующим образом. После запуска приложения система посылает запрос на сервер о наличии новой версии расписания и при наличии доступа к сети Интернет, сервер возвращает дату последнего обновления базы данных.

Если полученная дата младше, чем сохраненная в приложении, пользователю предлагается обновить расписание. В случае одобрения пользователем обновления, приложение посылает новый запрос на сервер для получения актуальной версии расписания, после чего происходит перезапись существующего расписания в локальной базе данных с последующим отображением пользователю. Удаленный веб-сервер использует протокол *HTTPS* и обеспечивает безопасное соединение между пользователями и сервером.

Выводы

Разработанный программный модуль расписания реализован на основе архитектуры *MVVM*, которая обладает следующими характеристиками: масштабируема, допускает увеличение ее функциональности за счет подключения новых информационных систем. Система способна обеспечить значительную экономию времени по сравнению с традиционным расписанием как для студентов, так и для университета. Благодаря возможности расширения функционала приложение в будущем может объединить в себе расписание для ВО и СПО.

Список использованных источников

1. Информационные системы и сервисы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.magtu.ru/sveden/informatizatsiya/it-resheniya/informatsionnye-sistemy-i-servisy.html> (Дата обращения 01.10.2021).
2. Автоматизация процесса составления расписания занятий в учебных заведениях и разработка мобильного приложения для преподавателей, студентов и менеджеров / Б.Ж. Баячорова [и др.] // *Alatoo Academic Studies*. – 2020. – №3. – С. 166-173.
3. Лобанов, А.А. Сравнительная характеристика мобильных приложений для просмотра расписания занятий / А.А. Лобанов, Д.М. Зайналов, С.А. Бензарь // *Вестник Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета. Серия: естественные и технические науки*. – 2020. – №13. – С. 98-103.
4. Жвакин, Д.И. Разработка приложения «Расписание МГУП» для мобильных платформ / Д.И. Жвакин // *Вестник МГУП имени Ивана Федорова*. – 2012. – №8. – С. 147-151.
5. Дейнеко, Т.А. Чат-бот ВКонтакте «Расписание занятий ОМГУ» / Т.А. Дейнеко, Д.А. Бобров // *Математические структуры и моделирование*. – 2020. – №3(55). – С. 117-122.
6. Синева, И.С. Расписание занятий института с использованием веб-технологий / И.С. Синева, Э.С. Юсифов // *Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе*. – 2021. – №1. – С. 4-10.
7. Маслович, С.Ф. Программный инструментарий для мобильного расписания университета / С.Ф. Маслович, А.Б. Демуськов // *Международная юбилейная научно-практическая конференция, посвященная 90-летию Гомельского государственного университета имени Франциска Скорины : мат-лы конф.* – Гомель: Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины, 2020. – С. 37-40.
8. Камышев, А.О. Разработка мобильного приложения для просмотра расписания занятий университета / А.О. Камышев // *Актуальные проблемы авиации и космонавтики : сб. мат-лов междунар. науч.-практич. конф.* – Красноярск, 2020. – С. 141-143.
9. Гриднев, Д.В. Разработка ботов ВКонтакте и Телеграм для расписания университета [Текст] / Д.В. Гриднев, М.Н. Иванов, В.А. Кирилкин // *Наука. Информатизация. Технологии. Образование : сб. мат-лов междунар. науч.-практич. конф.*, 2020. – С. 35-42.
10. Нечаев, С.И. Мобильное приложение для сопровождения учебного процесса в вузе / С.И. Нечаев // *Новые информационные технологии в образовании : сб. научн. тр. междунар. науч.-практич. конф.*, 2019. – С. 206-207.

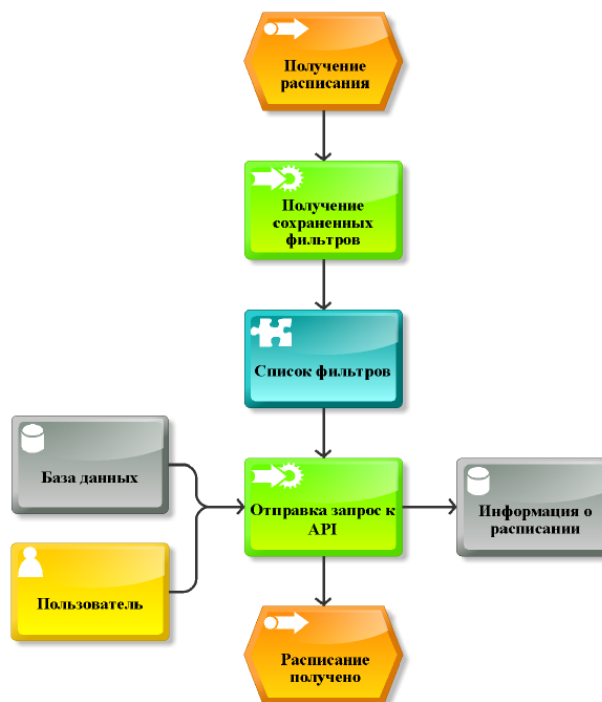


Рис. 5. Алгоритм получения расписания

Материал поступил в редакцию: 10.10.2021

Материал принят к публикации: 28.10.2021

IMPLEMENTATION OF THE PROCESS OF TRANSITION OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION FROM A PAPER SCHEDULE TO A DIGITAL VERSION OF A MOBILE APPLICATION

Okhotnichenko A.V., Kukhta Iu.B.

Abstract. Many educational institutions in their work actively use various software that allows to automate many routine processes, greatly facilitating the work of staff and reducing time costs. Such systems include a mobile application to display the schedule of students and teachers. The presented project was implemented using the Android Studio development environment in the Kotlin programming language. Thanks to an advanced filter system, the application can display the schedule of students and teachers, indicating the number of classrooms, form a list of pairs in a specific room or display pairs in a selected discipline. Additional functionality in the form of saving schedules, a widget for the home screen, a call schedule, and a module for feedback makes user interaction with the system easier. Since the schedule may change during the semester, the app features a push-notification system to notify the user of this. A web server is deployed to run the mobile application, which stores the database with the schedule and an API to retrieve it, and integration with the «Autoschedule» information system allows the database to be kept up to date.

Keywords: schedule, mobile application, Android, university, educational institution, digitalization.

References

1. Informacionnye sistemy i servisy [Elektronnyj resurs]. Url: <https://www.magtu.ru/sveden/informatizatsiya/it-resheniya/informacionnye-sistemy-i-servisy.html>.
2. Bayachorova B.ZH. [i dr.] (2020) *Alatoo Academic Studies*, 3 : 166-173.
3. Lobanov A.A., Zajnalov D.M., Benzar S.A. (2020) *Vestnik Kolomenskogo instituta (filiala) Moskovskogo poli-tehnicheskogo universiteta. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 13: 98-103.
4. ZHvakin D.I. (2012) *Vestnik MGUP Imeni Ivana Fedorova*, 8: 147-151.
5. Dejneko T.A., Bobrov D.A. (2020) *Matematicheskie struktury i modelirovanie*, №3(55) : 117-122.
6. Sineva I.S., YUsifov E.S. (2021) *Metodicheskie voprosy prepodavaniya infokommunikacij v vyshej shkole*, 1: 4-10.
7. Maslovich S.F., Demuskov A.B. (2020) *Mezhdunarodnaya yubilejnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya, posvyashchennaya 90-letiyu Go-mel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni Franciska Skoriny*. Gomel'skij gosudarstvennyj universitet im. Francis-ka Skoriny, Gomel.
8. Kamyshhev A.O. (2020) *Aktualnye problemy aviatsii i kosmonavтики*, Krasnoyarsk.
9. Gridnev D.V. Ivanov M.N., Kirilkin V.A. (2020) *Nauka. Informatizatsiya. Tekhnologii. Obrazovanie*.
10. Nechaev S.I. (2019) *Novye informacionnye tekhnologii v obrazovanii*.

ОБ АВТОРАХ:

Охотниченко Алексей Васильевич – студент, ведущий инженер-программист, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет», г. Магнитогорск. Email: okhotnichenko.a.v@gmail.com.

Кухта Юлия Борисовна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры вычислительной техники и программирования ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет», г. Магнитогорск. Email: perfectumyuka@mail.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Охотниченко, А.В. Реализация процесса перехода образовательного учреждения от бумажного расписания к цифровой версии в виде мобильного приложения / А.В. Охотниченко, Ю.Б. Кухта // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т.9. – № 2. – С. 38-43. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-38-43.

Okhotnichenko A.V. and Kukhta Iu.B. (2021) Implementation of the process of transition of an educational institution from a paper schedule to a digital version of a mobile application. Software of systems in the industrial and social fields. 9 (2): 38-43. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-38-43.

РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПО ДОСТАВКЕ ПРОДУКТОВ ИЗ МАГАЗИНОВ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Абдулвелеева Р.Р., Казанцев В.Г.

Аннотация: В условиях перехода экономики и социума к цифровой модели, актуализируется вопрос применения мобильных приложений во всех сферах жизнедеятельности человека. Разработанное кроссплатформенное мобильное приложение предназначено для доставки продуктов. Программный продукт реализован на платформе *Flutter* компании *Google* с целью проверки эффективности этой платформы для разработки кроссплатформенных мобильных приложений. В приложении функционирует множество инструментов, которые позволяют пользователю заказать корзину товаров по наиболее выгодным в регионе ценам. В процессе создания приложения исследована и реализована технология разработки мобильного приложения на платформе *Flutter*, в среде *Visual Studio Code*, для операционных систем *Android* и *iOS*. Проведен сравнительный анализ выбранного подхода к разработке мобильного приложения по сравнению с аналогичными методами. На основе произведенных измерений скорости работы приложения с помощью инструментов встроенных в *IDE* было доказано, что мобильное приложение на выбранной платформе действительно экономичнее по объёму кода и не уступает аналогам по скорости работы.

Ключевые слова: Dart, Flutter, Android, iOS, мобильные приложения, кроссплатформенность.

Введение

За последние пять лет рынок мобильных приложений претерпел ряд изменений и получил набор принципиально новых подходов к разработке мобильных приложений. Дороговизна и объёмы разработки в разы увеличились в масштабах, в следствие чего возникла необходимость в новых, более эффективных подходах. В результате, крупные корпорации представили ряд решений для кроссплатформенной разработки: *React Native (Facebook)*, *Flutter (Google)*, *Xamarin.Forms (Microsoft)*. Разработчиком технологии *Flutter* стала компания *Google*, которая также является разработчиком одной из двух основных мобильных операционных систем – *Android*.

Объектом исследования является процесс создания мобильных приложений. Предмет исследования – изучение платформ для разработки кроссплатформенных приложений. Целью исследования являлась разработка кроссплатформенного приложения по доставке продуктов из магазинов для мобильных операционных систем. Задача исследования – изучить реальную эффективность данных платформ по сравнению с традиционными способами создания мобильных приложений [1].

Пандемия *COVID-19* резко увеличила популярность различных сервисов доставки. Разработанное мобильное приложение, предлагает наиболее эффективный и экономичный способ разработки приложения по доставке продуктов и предметов первой необходимости.

Кроссплатформенный подход

На данный момент возможности по кроссплатформенной разработке предоставляют несколько платформ: *Kivy*, *Cordova*, *Ionic*, *Xamarin.Forms*, *React Native*, *Flutter*. Часть из них реализуют подход прогрессивного мобильного приложения, поэтому в рамках исследуемого вопроса интереса не представляют.

Xamarin.Forms, *React Native* и *Flutter* заявляют что достигают эффективности нативных приложений в скорости работы и утверждают, что достигли такой же широты возможностей разработки. Среди данных решений, наиболее интересна платформа *Flutter*, так как данная технология создана разработчиками одной из двух основных мобильных операционных систем. В связи с этим *Flutter* был выбран авторами для достижения поставленных целей. Платформа поставляется абсолютно бесплатно, с открытым исходным кодом [2, 3].

Стоит отметить также и недостатки кроссплатформенного подхода:

1. Ограниченная гибкость: разработка с единым стеком технологий не в состоянии обеспечить такой же гибкости настройки приложения, как использование технологий, индивидуальных для каждой платформы.

2. Меньшая производительность по сравнению с нативными решениями.

3. Взаимодействие с магазинами приложений: иногда проверка кроссплатформенного приложения занимает больше времени, чем нативного.

В качестве IDE было выбрано решение от *Microsoft* – *Visual Studio Code*. Это редактор кода с поддержкой технологии *IntelliSense* и возможностью простого рефакторинга с отладкой.

Тестируемое приложение разработано в трёх вариациях, идентичных с точки зрения интерфейса и алгоритмических концепций: нативных и в качестве *Flutter*-приложения.

Нативные версии разрабатывались с использованием языков *Swift* и *IDE Android Studio* (официальный инструмент разработки для *Android*) и *Swift* с *IDE Xcode* (официальный инструмент разработки для *iOS*) [4-6].

По итогам проделанной работы, в версии реализованной на платформе *Flutter* было написано около 2500 строк кода. Переносимого кода приблизительно 1900 строк. Без применения *Flutter*, пришлось бы дважды прописать переносимую часть кода для обеих операционных систем. Таким образом, использование *Flutter* позволило сэкономить 76 % кода.

Далее были проведены замеры скорости работы приложения с помощью инструментов встроенных в *IDE*. Результаты измерений приведены в средних значениях и представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Измерения скорости работы нативного приложения и приложения *Flutter* на устройстве *iPhone 7* с *iOS 15.0.1*

Вид измерения	Запуск, с	Переключение вкладок нижнего меню, с	Загрузка списка продуктов, с
Запуск нативного приложения	2,3	0,7	0,6
Запуск приложения <i>Flutter</i>	2,9	0,8	0,6

Таблица 2

Измерения скорости работы нативного приложения и приложения *Flutter* на устройстве *Redmi 8a* с *Android 9.0 Pie*

Вид измерения	Запуск, с	Переключение вкладок нижнего меню, с	Загрузка списка продуктов, с
Запуск нативного приложения	2,5	0,9	0,7
Запуск приложения <i>Flutter</i>	3,2	1,2	0,8

Интерфейс приложения состоит из пяти основных вкладок, навигация по которым осуществляется при помощи нижнего меню. Вид главного окна программы представлен на рис. 1.

Обновления контента в приложении производится посредством обращения к удалённому серверу, который несколько раз в день собирает необходимые данные посредством парсинга. Парсинг (*Parsing*) – это принятое в информатике определение синтаксического анализа. Для этого создается математическая модель сравнения лексем с формальной грамматикой, описанная одним из языков программирования [7-9]. Одна из внутренних вкладок показана на рис. 2.

Заключение

Таким образом, анализируя собранные данные, можно сделать вывод о том, что разработка мобильных приложений с использованием платформы *Flutter* действительно даёт разработчикам возможность писать гораздо меньше кода из-за высокого процента переносимости кода.

Написанный код действительно практически не уступает нативному по скорости работы с точки зрения пользовательского опыта [10-13], что было подтверждено представленными в статье измерениями.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что эффективность представленного подхода будет наиболее высокой при разработке программного обеспечения среднего и крупного масштаба.

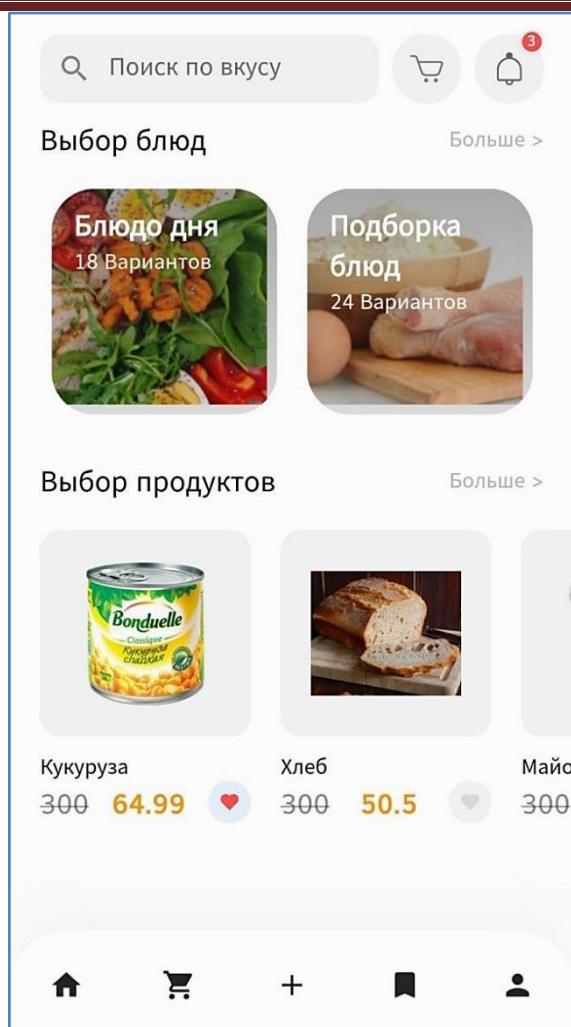


Рис. 1. Вид главного окна приложения

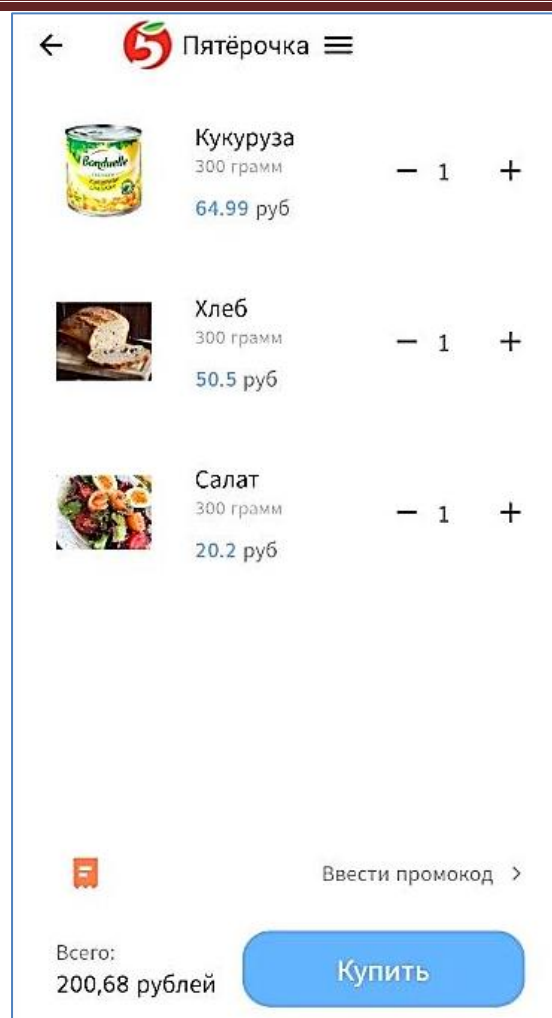


Рис. 2. Вкладка «Корзина»

Список использованных источников

1. Абдулвелеева, Р.Р. Преимущества кроссплатформенных методов разработки мобильных приложений над нативными / Р.Р. Абдулвелеева, В.Г. Казанцев // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования : сб. тез. 79-й междунард. науч.-техн. конф. – Магнитогорск: Магнитогорск. гос. техн. у-т им. Г.И. Носова, 2021. – С. 355.
2. Официальная документация Flutter. URL: <https://flutter.dev/docs> (дата обращения 27.10.2021).
3. Заметти, Ф. Flutter на практике / Ф. Заметти – Москва: ДМК Пресс, 2020. – 328 с.
4. Харазян, А.А. X20 Язык Swift. Самоучитель. / А.А. Харазян – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 176 с.
5. Усов, В. Swift. Основы разработки приложений под iOS, iPadOS и macOS/В.Усов – СПб.: Питер, 2021. – 544с.
6. Саммерфилд, М. Python на практике / М. Саммерфилд – Москва: ДМК Пресс, 2016. – 338 с.
7. Митчелл, Р. Скрапинг веб-сайтов с помощью Python / Р. Митчелл. – Москва : ДМК Пресс, 2016. – 280 с.
8. Бакетт, К. Dart в действии / К. Бакетт – Москва: ДМК Пресс, 2018. – 528 с.
9. Мэтиз, Э. Изучаем Python. Программирование игр, визуализация данных, веб-приложения / Эрик Мэтиз. – СПб.: Питер, 2019. – 496 с.
10. Абдулвелеева, Р.Р. Разработка кроссплатформенного приложения для мобильных операционных систем SMART NOVOTROITSK / Р.Р. Абдулвелеева, В.Г. Казанцев // Общество. Наука. Инновации (НИК-2021) : сб. ст. XXI Всероссийская научно-практическая конференция. – Киров: Вятский государственный университет, 2021. – С. 314-318.
11. Абдулвелеева, Р.Р. Разработка кроссплатформенного мобильного приложения с использованием технологии MVVM / Р.Р. Абдулвелеева, К.А. Блинов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования : сб. тез. 79-й междунард. науч.-техн. конф. – Магнитогорск: Магнитогорск. гос. техн. у-т им. Г.И. Носова, 2021. – С. 356.
12. Абдулвелеева, Р.Р. Кроссплатформенное мобильное приложение «Электронный журнал» / Р.Р. Абдулвелеева, К.А. Блинов // Программное обеспечение для цифровизации предприятий и организаций : сб. тр. Всероссийск. научн.-практ. конф. – Магнитогорск: Изд-во: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2021. – С. 64-67.

13. Абдулвелеева, Р.Р. Разработка кроссплатформенного мобильного приложения с использованием технологии MVC / Р.Р. Абдулвелеева, Е.М. Иванин // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: сб. тез. 79-й междунард. науч.-техн. конф. – Магнитогорск: Магнитогорск. гос. техн. у-т им. Г.И. Носова, 2021. – С. 357.

Материал поступил в редакцию: 30.10.2021

Материал принят к публикации: 18.11.2021

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

DEVELOPMENT OF THE CROSS-PLATFORM APPLICATION ON DELIVERY OF PRODUCTS FROM SHOPS FOR MOBILE OPERATING SYSTEMS

Abdulveleeva R.R., Kazantsev V.G.

Abstract. Abstract. In the conditions of transition of economy and society to digital model, the question of application of mobile applications in all spheres of activity of the person is updated. The developed cross-platform mobile application is intended for delivery of products. The software product is realized on the Flutter platform of the Google company for the purpose of check of efficiency of this platform for development of cross-platform mobile applications. The application has many tools that allow the user to order a basket of goods at the most profitable prices in the region. In the process of creating the application, the technology of developing a mobile application on the Flutter platform, in the Visual Studio Code environment, for Android and iOS operating systems, was investigated and implemented. A comparative analysis of the selected approach to developing a mobile application compared to similar methods was carried out. Based on the measurements of the speed of the application using the tools built into the IDE, it was proved that the mobile application on the selected platform is really more economical in terms of code volume and is not inferior to analogues in terms of speed.

Keywords: Dart, Flutter, Android, iOS, mobile applications, cross-platform.

References

1. Abdulveleeva R.R., Kazancev V.G. (2021) *Aktualnye problemy sovremennoj nauki, tekhniki i obrazovaniya*. Magnitogorsk. gos. tekhn. u-t im. G.I. Nosova, Magnitogorsk.
2. Oficialnaya dokumentaciya Flutter. URL: <https://flutter.dev/docs> (data obrashcheniya 27.10.2021).
3. Zametti F. (2020) *Flutter na praktike*. DMK Press, Moskva.
4. Harazyan A.A. (2016) *H2O YAzyk Swift. Samouchitel*. BHV-Peterburg, SPb.
5. Usov V. (2021) *Swift. Osnovy razrabotki prilozhenij pod iOS, iPadOS i macOS*. Piter, SPb.
6. Sammerfeld M. (2016) *Python na praktike*. DMK Press, Moskva.
7. Mitchell R. (2016) *Skraping veb-sajtov s pomoshch'yu Python*. DMK Press, Moskva.
8. Bakett K. (2018) *Dart v dejstvii*. DMK Press, Moskva.
9. Metz E. *Izuchaem Python. Programmirovaniye igr, vizualizaciya dannyh, veb-prilozheniya*. Piter, SPb.
10. Abdulveleeva R.R., Kazancev V.G. (2021) *Obshchestvo. Nauka. Innovacii*. Vyatskij gosudarstvennyj universitet, Kirov.
11. Abdulveleeva R.R., Blinov K.A. (2021) *Aktualnye problemy sovremennoj nauki, tekhniki i obrazovaniya*. Magnitogorsk. gos. tekhn. u-t im. G.I. Nosova, Magnitogorsk.
12. Abdulveleeva R.R., Blinov K.A. (2021) *Programmnoye obespecheniye dlya cifrovizacii predpriyatij i organizacij*. Magnitogorsk. gos. tekhn. u-t im. G.I. Nosova, Magnitogorsk.
13. Abdulveleeva R.R., Ivanin E.M. (2021) *Aktualnye problemy sovremennoj nauki, tekhniki i obrazovaniya*. Magnitogorsk. gos. tekhn. u-t im. G.I. Nosova, Magnitogorsk.

ОБ АВТОРАХ:

Абдулвелеева Рауза Рашитовна – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры математики и естествознания, НФ НИТУ «МИСиС», г. Новотроицк. Email: rashitovna-2011@mail.ru.

Казанцев Валентин Геннадьевич – студент, НФ НИТУ «МИСиС» г. Новотроицк. Email: valdk652@gmail.com.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Абдулвелеева, Р.Р. Разработка кроссплатформенного приложения по доставке продуктов из магазинов для мобильных операционных систем / Р.Р. Абдулвелеева, В.Г. Казанцев // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т.9. – № 2. – С. 44-47.

DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-44-47.

Abdulveleeva R.R. and Kazantsev V.G. (2021) Development of the cross-platform application on delivery of products from shops for mobile operating systems. Software of systems in the industrial and social fields. 9 (2): 44-47.

DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-44-47.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

SHORT MESSAGES

УДК 622.1

DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-48-48

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ «ИНДУСТРИИ 4.0» И ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ*Великанов В.С.*

Наиболее актуальным и востребованным направлением в области развития промышленности и современных технологий является внедрение основных положений и идей концепции «Индустрии 4.0». Термин «Индустрия 4.0» в общем понимании применяется для характеристики новых, передовых и потенциально прорывных технологий, включая полную цифровизацию и искусственный интеллект. В 2018 г. утверждена национальная программа «Цифровая экономика РФ», цель программы – общесистемное развитие и внедрение цифровых технологий во все области жизни. Цифровая трансформация в горном деле направлена, прежде всего, на повышение производительности, так например, в утвержденной долгосрочной программе развития угольной отрасли РФ до 2030 г. ставится задача пятикратного роста производительности труда и повышения не менее чем в 2-3 раза основных показателей уровня промышленной и экологической безопасности [1]. Вместе с тем, для реализации прогнозов «Индустрии 4.0», в аналитических отчетах, опубликованных в ряде зарубежных изданий, отмечается следующее: горнодобывающие компании будут и далее развивать прозрачность, способность к быстрому реагированию и контроль с помощью анализа данных. По прогнозам, в ближайшие несколько лет число горнодобывающих компаний, использующих в работе углубленную предиктивную аналитику, увеличится на 30%; 28% горнодобывающих компаний в мире планируют увеличения своих бюджетов на IT разработки; цифровые технологии играют определяющую роль в инвестициях: 70% компаний рассматривают инвестиции в автоматизацию шахт, 69% планируют инвестировать в централизованное управление и контроль, и более четверти компаний изучают роль, которую может сыграть робототехника.

Перспективным направлением развития открытой геотехнологии в области качественного освоения запасов, безопасности и эффективности горных работ является полное исключение технологического персонала за счет повышения уровня автоматизации и возможности внедрения роботизированных горных машин. Создание таких машин, обусловлено, прежде всего, необходимостью их применения в сложных горно-геологических условиях. Большинство разработок первоначально предназначалось для военных целей, либо для эксплуатации на потенциально опасных объектах. Область их применения достаточно сильно ограничена [2, 3].

Список использованных источников

1. The challenges of Industry 4.0 and the need for new answers in the mining industry / N.V. Dyorina [et al.] // Известия Уральского государственного горного университета. – 2021. – № 2(62). – С. 154-166.
2. Великанов, В.С. Развитие научно-методологических основ совершенствования карьерных экскаваторов на базе нечетко – множественного подхода / В.С. Великанов, М.Ю. Гуров. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2018. – 217 с.
3. Великанов, В.С. Анализ показателей долговечности рукояти карьерного экскаватора / В.С. Великанов, О.Р. Панфилова, И.Г. Усов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2018. – Т. 16. – № 4. – С. 13-20.

ОБ АВТОРАХ:

Великанов Владимир Семенович – д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, ФГАОУ ВО «УрФУ им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, Российская Федерация. E-mail: rizhik_00@mail.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Великанов, В.С. Некоторые аспекты «Индустрии 4.0» и возможности реализации в горной промышленности / В.С. Великанов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т. 9. – № 2. – С. 48. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-1-48-48.