

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
Российское химическое общество им. Д.И. Менделеева
Тульское отделение Российского химического общества им. Д.И. Менделеева
Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)
ТООО Научно-технический центр
ООО «ТУЛЬСКИЙ ДНТ»

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

XXXVI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Сборник докладов

Тула
Издательство ТулГУ
2025

УДК 001(062)
ББК 72я431
П76

Рецензенты:

С. Н. Вольхин, д-р пед. наук, профессор, ректор АНО
ДПО «Академия профессионального развития»;

Е. М. Рылеева, канд. тех. наук, доцент, доцент кафедры
охраны труда и окружающей среды ФГБОУ ВО
«Тульский государственный университет»

П76 **Приоритетные направления развития науки и технологий :**
сб. докладов по материалам XXXVI Международной науч.-практ.
конф. / под общ. ред. В. М. Панарина ; техн. ред. Н. Н. Жукова,
Л. П. Путилина. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2025. – 248 с.

ISBN 978-5-7679-5690-6

Рассмотрены теоретические и прикладные вопросы развития инновационной деятельности, науки и технологий. Изложены аспекты современных энергосберегающих и ресурсосберегающих производственных технологий, рационального природопользования и экологии. Исследованы вопросы разработки информационных и образовательных технологий для решения научных и прикладных задач.

Материал предназначен для научных сотрудников, инженерно-технических работников, студентов и аспирантов, занимающихся широким кругом современных проблем развития науки и технологий.

Редакционная коллегия:

академик РАН В. П. Мешалкин; проф., д-р техн. наук В. М. Панарин;
доц., д-р техн. наук А. А. Маслова; проф., д-р техн. наук
Л. Э. Шейнкман; доц., канд. тех. наук А. Е. Коряков

УДК 001.(062)
ББК 72я431

ISBN 978-5-7679-5690-6

© Авторы докладов, 2025
© Издательство ТулГУ, 2025

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПРОГРАММА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

В.М. Панарин, А.А. Маслова, А.С. Степанчикова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Борьба с загрязнением воздуха (ЗВ) в промышленных районах, населенных пунктах и на промышленных площадках заводов, фабрик и ТЭС представляет сложную научно-техническую задачу, основой для решения которой является наличие надежных методов и средств контроля и прогнозирования качества воздушной среды.*

При решении комплекса перечисленных вопросов пользуются термином «мониторинг атмосферы», в который включают анализ, контроль (т.е. наблюдение и оценка), прогноз основных параметров состояния и управление качественным составом атмосферы. Наиболее сложным и трудоемким вопросом является создание эффективных средств и методов контроля загрязнения воздушной среды современного промышленного города, содержащей множество веществ, в том числе – вредных, с постоянно меняющейся концентрацией [1-2].

В условиях возрастающего загрязнения атмосферы городов и промышленных центров возникла необходимость создания на базе автоматических приборов автоматизированных систем для оперативной оценки состояния о загрязнении воздуха (ЗВ) и предупреждения опасных ситуаций, возникающих в отдельных районах.

Сбор экологической информации на сервере выполняется при помощи постов экологического мониторинга, которые соединены с сервером по определенным каналам связи. Разработано дополнительное программно-аппаратное обеспечение, которое устанавливается на персональных компьютерах и позволяет диспетчерам наблюдать и контролировать актуальную экологическую информацию [3].

Задачей Программы автоматизированной системы непрерывного контроля качества атмосферного воздуха является повышение эффективности получения объективной информации об экологической обстановке в промышленном регионе и обеспечение прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона.

Основными исходными данными для проведения оценки влияния источников загрязнения на состояние атмосферного воздуха прилегающей территории являются [4]:

- параметры источников выброса в атмосферу загрязняющих веществ;
- метеорологические условия (скорость ветра, направление ветра).

Внедрение программы автоматизированной системы непрерывного контроля качества атмосферного воздуха обеспечивает непрерывный, более

качественный контроль загрязнения атмосферы и существенно сокращает суммарные расходы на его осуществление по сравнению с обычным «ручным» методом, когда его производит штат наблюдателей и применяет обычные методы сбора и обработки информации.

Система позволяет непрерывно получать данные о концентрации примесей и метеорологических параметрах в населённых пунктах или около крупных промышленных предприятий. Некоторые возможности Программы автоматизированной системы непрерывного контроля качества атмосферного воздуха [5]:

- Систематическое измерение заданных параметров атмосферного воздуха.
- Автоматический сбор информации со станций системы, а также от неавтоматизированных звеньев наблюдений (например, от стационарных и передвижных постов).
- Оперативная оценка ситуации по известным значениям ПДК.
- Краткосрочный прогноз уровней загрязнения контролируемых примесей.
- Обработка и выдача информации.

Частота выдачи данных автоматизированной системой может составлять от нескольких минут до нескольких часов.

Программа устанавливается на сервере автоматизированной системы непрерывного контроля выбросов загрязняющих веществ. Программа принимает данные значений уровней загрязнений от территориально распределённых постов экологического мониторинга предприятий, производит первичную проверку и автоматически создает для программного комплекса задание на расчет: в какой точке при каких метеоусловиях какая концентрация какого вещества зафиксирована. Программный комплекс автоматически выполняет расчет и возвращает информацию о вкладе источника в общий процент загрязнения.

Для прогнозирования загрязнения атмосферы промышленного региона на определенный установленный промежуток времени с помощью временно-параметрических задатчиков концентраций загрязняющих веществ от источников загрязнения моделируется изменение во времени величин загрязнения для данных источников выбросов, которые получены по базам данных выбросов за предыдущее время работы предприятий.

Таким образом, система экологического мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы промышленного региона позволяет повысить эффективность получения объективной информации об экологической обстановке в промышленном регионе и обеспечить прогнозирование загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона.

Список литературы

1. Горелик Д.О. *Экологический мониторинг. Оптико-электронные приборы и системы: в 2 т.: учебник* / Д.О. Горелик, Л.А. Конопелько, Э.Д. Панков. – СПб.: Крисмас+, 1998. – Т. 2.

2. Кочетков А.В. *Контроль запыленности воздуха при экологическом мониторинге в дорожном хозяйстве* / А.В. Кочетков, А.В. Чванов, С.П. Аржанухина, Н.Е. Кокодеева // *Экологические системы и приборы*. – 2009. – № 2. – С. 46-49.

3. Гегер Э.В. Методы оценки санитарно-экологического состояния территорий / Э.В. Гегер, Г.П. Золотникова, В.А. Капцов // Гигиена и санитария. – 2019. – № 98(12).

4. Маслова А.А. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования уровней загрязнения воздуха и водных объектов / А.А. Маслова, В.М. Панарин, К.В. Гришаков, Н.А. Рыбка, Е.А. Котова, Д.А. Селезнева // Экология и промышленность России. – 2019.

5. Панарин М.В. Автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий / М.В. Панарин, А.А. Маслова, С.А. Савинкова, В.М. Панарин // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 6.

АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, А.В. Архипов
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье исследуются системы окружающей среды, являющимися сложными гетерогенными системами с распределенными параметрами. Данные системы могут быть описаны с использованием дифференциальных уравнений в частных производных. Эти уравнения используются для постановки задач, связанных с функциями нескольких переменных, таких как распространение звука или тепла, электростатика, электродинамика, течение жидкости, распространение газа и пыли в воздушной среде. Представлены алгоритмы оценки изменения физических переменных окружающей среды на основе физико-математических моделей экологических систем.*

Алгоритмы оценки изменения физических переменных окружающей среды на основе физико-математических моделей экологических систем включают ряд последовательных этапов и методов анализа, позволяющих выявить закономерности и предсказывать динамику природных процессов [1].

Цель алгоритма – оценка изменений ключевых физических характеристик экосистемы (температура, влажность, концентрация загрязняющих веществ и др.) путем построения и расчета модели, отражающей взаимодействие различных компонентов системы.

Для начала необходимо собрать и подготовить данные, характеризующие состояние экологической системы:

- метеорологические показатели (температуру воздуха, атмосферное давление);
- гидрологические характеристики (уровень воды, скорость течения рек);
- химический состав атмосферы и водоемов;
- биологическое разнообразие и распределение видов растений и животных.

Эти данные собираются посредством наблюдений, измерений и мониторинга состояния окружающей среды.

Следующий этап включает создание физико-математической модели, описывающей взаимосвязи между компонентами экосистемы. Например, при оценке загрязнения водоема учитываются такие факторы, как объем сточных вод, концентрацию загрязнений, интенсивность самоочищения воды и другие процессы, влияющие на качество водной среды [1].

Физико-химические уравнения описывают кинетику реакций, диффузию и перенос вещества, тепловое излучение и конвективные потоки.

Системы окружающей среды являются сложными гетерогенными системами с распределенными параметрами. Данные системы могут быть описаны с использованием дифференциальных уравнений в частных производных. Эти уравнения используются для постановки задач, связанных с функциями нескольких переменных, таких как распространение звука или тепла, электростатика, электродинамика, течение жидкости, распространение газа и пыли в воздушной среде. Ниже приведены системы с распределенными параметрами. Разные категории систем имеют специфические характеристики, которые важны при их исследовании, моделировании, прогнозировании, оценке и диагностике [2].

Функция температуры объекта $\theta(P, t)$ в момент времени t , где P – точка в пространстве. Если разные точки объекта имеют разные температуры $\theta(P, t) \neq ct.$, то будет происходить теплопередача от более теплых частей к менее теплым частям. Вектор $grad \theta$ имеет направление вдоль нормали на поверхности уровня при $\theta = ct.$, в направлении возрастания θ . Закон распространения тепла через объект, в котором нет источников тепла:

$$\gamma \rho \frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) \quad (1)$$

Источники тепла в объекте имеют распределение, определяемое функцией:

$$F(t, P) = F(t, x, y, z) \quad (2)$$

Если объект однороден, то $a = \sqrt{\kappa/\gamma/\rho} = ct.$ и уравнение (2) записывается:

$$\frac{1}{a^2} \frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right) \quad (3)$$

Начальные условия или предельные условия имеют физическое значение. Они задаются уравнением:

$$\theta(x, y, z, t)_{t=0} = f(x, y, z) \quad (4)$$

Ход вязких жидкостей в прямолинейной среде может быть проанализирован с помощью следующих уравнений. Пусть это будет прямолинейная среда, которая ведет вязкую жидкость. Топор среды, рассматриваемый как труба, – Оз. Рассмотрим движение части жидкости между двумя поперечными сечениями z_1 и $z_1 + h$. Если A – площадь поперечного сечения, которая должна быть постоянной, а ρ – плотность жидкости, уравнение движения:

$$\rho A h \frac{\partial v}{\partial t} = A(p_1 - p_2) - R \quad (5)$$

где p_1 и p_2 – давления в двух секциях, а R – сила на стенке трубы. Если v – скорость жидкости в направлении оси Oz , v не зависит от z , если жидкость несжимаема

$$v = v(x, y, t) \quad (6)$$

Уравнение в частных производных:

$$\rho \frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (7)$$

если давление p постоянно, то уравнением распространения тепла в плоскости:

$$\frac{1}{a} \frac{\partial v}{\partial t} = \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \quad (8)$$

где $a = \mu/\rho$. Для плоского движения вязких жидкостей рассмотрим несжимаемую вязкую жидкость постоянной плотности ρ в плоском движении. Если (v_x, v_y) являются компонентами скорости в точке $P(x, y)$ плоскости в момент времени t , уравнения движения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \Delta v_x \\ \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \Delta v_y \end{aligned} \quad (9)$$

где p – давление в этой точке, $\nu = \mu/\rho$, μ – коэффициент вязкости. В уравнения (5) добавлены уравнения непрерывности:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0 \quad (10)$$

Текущая функция введена:

$$v_x = -\frac{\partial \phi}{\partial y}, v_y = -\frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (11)$$

Анализ отсутствия стационарного тепла в подземных условиях может быть выполнен, когда возникает ряд проблем при расчете тепловых потерь в условиях отсутствия теплового изменения. Для определения отсутствия стационарных тепловых потерь в подземных условиях используется следующее уравнение:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \left[\frac{\partial^2 \theta_s}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta_s}{\partial y^2} \right] \quad (12)$$

где θ – температура материала, θ_s – температура почвы, t – время, x, y – декартовы координаты, a – коэффициент, характеризующий термодиффузию почвы. Неожиданно на практике большое значение приобретает анализ хода газов, чтобы установить давление в определенной точке среды. Отсутствие стационарного движения газа определяется системой:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\lambda v^2}{2d} \right), \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial(\rho v)}{\partial x} \quad (13)$$

где p – давление, v – скорость, относящаяся к сечению, d – диаметр среды, а λ – коэффициент трения. Метод, используемый для определения высоты льда арктических морей, – это радиометрия. Радиометрия основана на регистрации теплового излучения, интенсивность которого изменяется в зависимости от температуры и коэффициента излучения объектов.

$$c_j \rho_j \frac{\partial \theta_j}{\partial t} = \lambda_j \frac{\partial^2 \theta_j}{\partial z^2}, j = 1, 2, 3 \quad (14)$$

где c_j – удельная теплоемкость, p_j – плотность, λ_j – коэффициент теплопроводности, θ_j – температура, t – время, z – координата высоты. Индексам $j = 1, 2, 3$ соответствуют среда: воздух, снег и лед. На границах существуют условия равновесия.

Общие уравнения для моделирования среды системы рассматриваются как системы с распределенными параметрами.

Системы с распределенными параметрами имеют общие математические модели в непрерывном времени и пространстве в виде уравнения с частными производными в параболической или гиперболической форме, как:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = c_1 \nabla (c_2 \nabla \theta) + c_3 \theta + Q \quad (15)$$

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = c_1 \nabla (c_2 \nabla \theta) + c_3 \theta + Q \quad (16)$$

где переменные $\theta(\zeta, t)$ зависят от времени $t \geq 0$ и пространства $\zeta \in V$, где $\zeta - x$ для одной оси, (x, y) для двух осей или (x, y, z) для трех осей, c_1, c_2 и c_3 – коэффициенты, которые также могут изменяться во времени, а $Q(\zeta, t)$ – внешнее возбуждение, переменное во времени и пространстве. Итак, в общем случае неявное уравнение может быть записано:

$$f\left(\frac{\partial \theta}{\partial t}, \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2}, \frac{\partial \theta}{\partial \zeta}, \frac{\partial^2 \theta}{\partial \zeta^2}, \dots\right) = 0 \quad (17)$$

Для уравнений в частных производных (1, 2) могут быть наложены некоторые граничные условия для установления решения. Итак, когда указано значение переменной границы, существуют условия Дирихле:

$$c_4 \theta = q \quad (18)$$

И когда заданы переменный поток и коэффициент передачи, осуществляются условия Неймана:

$$c_5 \nabla \theta + c_6 \theta = 0 \quad (19)$$

В практическом применении на конкретных примерах установлены пределы и начальные условия уравнения (1):

$$\begin{aligned} \theta(0, t) = \theta_{\zeta 0}, t \in [0, T], \theta(\zeta, 0) = 0, \zeta \in [0, l] \\ \theta(l, t) = \theta_{\zeta l}, t \in [0, T] \end{aligned} \quad (20)$$

Система с конечными разностями может быть связана с уравнениями (1) и (2). Для этого пространство S делится на участки малого размера l_p :

$$l_p = l/n \quad (21)$$

В каждом небольшом отрезке S_{pi} , $i = 1, \dots, n$ пространства S , переменная θ может быть измерена в каждый момент t_k с использованием датчика из сенсорной сети в характерной точке $P_i(\zeta_i)$ с координатой ζ_i . Пусть это будет θ_i^k значение переменной в точке $P_i(\zeta_i)$ в момент t_k . Точки из пространства, в котором происходит явление, обозначаются P_i с координатой z_i . Для двумерного пространства в системе координат xOy $z_i = (x_i, y_i)$. Явление распределенной системы контролируется с помощью сенсорной сети с n датчиками S_i , $i = 1, \dots, n$, расположенными в n точках P_i из пространства, как на рисунке [3].

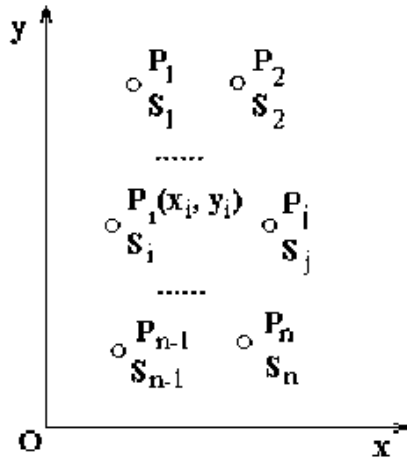


Схема пространственной оценки загрязнения

Это общеизвестный метод аппроксимации производных переменной с небольшими вариациями. В уравнении с частными производными имеются производные первого порядка по времени и производные первого и второго порядка в пространстве. Таким образом, теоретически мы можем аппроксимировать переменные производные по времени с небольшими изменениями во времени при следующих соотношениях:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\theta_i^{k+1} - \theta_i^k}{t_{k+1} - t_k} \quad (22)$$

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = \frac{\theta_i^{k+1} - 2\theta_i^k + \theta_i^{k-1}}{(t_{k+1} - t_k)^2} \quad (23)$$

Первая и вторая производные в пространстве могут быть аппроксимированы с небольшими вариациями в пространстве для получения следующих соотношений. Для оси x мы можем написать следующие уравнения:

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{\theta_i^k - \theta_{i-1}^k}{l_p} \quad (24)$$

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = \frac{\theta_{i+1}^k - 2\theta_i^k + \theta_{i-1}^k}{l_p^2} \quad (25)$$

Те же уравнения можно записать и для оси y , а также для оси z . Конечно, можно написать уравнение с переменными, записанными в векторах. Можно считать, что переменная измеряется как выборка $\theta_k = \theta(\zeta, t_k)$, $\zeta \in V$, через равные промежутки времени со значением:

$$h = t_{k+1} - t_k \quad (26)$$

установленный период выборки в процедуре выборки с цифровым оборудованием в моменты времени выборки $t_k = k \cdot h$.

Для приведенного выше уравнения можно использовать линейную приближенную систему производных уравнений первой степени:

$$\frac{d\Psi}{dt} = A\Psi + BQ \quad (27)$$

где на этот раз Ψ – вектор, содержащий значения переменной $\theta(\zeta, t)$ в разных точках пространства и в разные моменты времени.

Объединяя уравнения (17, 22, 24) в уравнение (15), система уравнений с разностями приводит к параболическому уравнению:

$$f_p(\theta_i^k, \theta_{i-1}^k, \theta_i^{k-1}, \theta_{i+1}^k) = 0 \quad (28)$$

и, объединяя уравнения (17, 23, 25) в уравнении (16), эквивалентную систему с разностями приводит в качестве модели для гиперболического уравнения:

$$f_h(\theta_i^k, \theta_{i-1}^k, \theta_{i+1}^k, \theta_{i-1}^{k+1}, \theta_i^{k-1}, \theta_{i-1}^{k-1}) = 0 \quad (29)$$

Принимая во внимание уравнения (28, 29), очевидно, что несколько алгоритмов оценки могут быть разработаны следующим образом на основе дискретных моделей уравнений с частными производными. Эти алгоритмы оценки представлены следующим образом [4].

Параболические системы

Алгоритм оценки 1. Он оценивает значение переменной θ_i^{k+1} в момент t_{k+1} , измеряя значения переменных $\theta_{i-1}^k, \theta_{i+1}^k, \theta_i^k$ в передний момент t_k :

$$\theta_i^{k+1} = f_1(\theta_{i-1}^k, \theta_{i+1}^k, \theta_i^k) \quad (30)$$

Это алгоритм оценки с несколькими переменными, основанный на соседних узлах.

Алгоритм оценки 2. Он оценивает значение переменной θ_i^{k+1} в момент времени t_{k+1} , измеряя значения той же переменной $\theta_i^k, \theta_i^{k-1}, \theta_i^{k-2}, \theta_i^{k-3}$, но в четыре начальных момента t_k, t_{k-1}, t_{k-2} и t_{k-3} .

$$\theta_i^{k+1} = f_2(\theta_i^k, \theta_i^{k-1}, \theta_i^{k-2}, \theta_i^{k-3}) \quad (31)$$

Это алгоритм авторегрессии, использующий значения из одного и того же узла.

Гиперболические системы

Алгоритм оценки 3. Он оценивает значение переменной θ_i^{k+1} в момент t_{k+1} , измеряя значения переменных $\theta_{i-1}^k, \theta_{i+1}^k, \theta_i^k$ в начальный момент времени t_k и t_{k-1} :

$$\theta_i^{k+1} = f_1(\theta_{i-1}^k, \theta_{i+1}^k, \theta_i^k, \theta_{i-1}^{k-1}, \theta_{i+1}^{k-1}, \theta_i^{k-1}) \quad (32)$$

Это алгоритм оценки с несколькими переменными, основанный на соседних узлах и 2 временных моментах начального уровня.

Алгоритм оценки 4. Он оценивает значение переменной θ_i^{k+1} в момент времени t_{k+1} , измеряя значения одной и той же переменной (того же узла) $\theta_i^k, \theta_i^{k-1}, \theta_i^{k-2}, \theta_i^{k-3}, \theta_i^{k-4}, \theta_i^{k-5}$, но в шести начальных моментах $t_k, t_{k-1}, t_{k-2}, t_{k-3}, t_{k-4}$ и t_{k-5} :

$$\theta_i^{k+1} = f_2(\theta_i^k, \theta_i^{k-1}, \theta_i^{k-2}, \theta_i^{k-3}, \theta_i^{k-4}, \theta_i^{k-5})$$

Предлагаемые алгоритмы и модели проверяются на адекватность путем сравнения результатов расчетов с экспериментальными данными. Если расхождения превышают допустимые пределы, проводится коррекция коэффициентов и структуры модели.

Оценивается влияние каждого параметра на выходную величину. Это позволяет определить наиболее значимые факторы, определяющие изменение физических переменных в конкретной экосистеме.

Используя предлагаемые алгоритмы и модели, осуществляется прогноз будущих состояний экосистемы. Этот прогноз помогает оценить потенциальные риски и последствия воздействий антропогенного характера.

Примером практического использования является мониторинг качества атмосферного воздуха крупных промышленных городов. Моделируются процессы распространения выбросов от транспорта и промышленных предприятий, учитывается ветер, температура и турбулентность воздушного потока. Получаемые прогнозы помогают оптимизировать работу коммунальных служб и предупреждать население о возможных рисках для здоровья [5].

Таким образом, разработка эффективных алгоритмов оценки изменения физических переменных на основе физико-математических моделей обеспечивает возможность точного анализа и управления состоянием окружающей среды, способствуя сохранению природного баланса и улучшению условий жизни населения.

Список литературы

1. Оразгулыев А. Моделирование в экологии: применение математических методов для изучения окружающей среды / А. Оразгулыев, С.А. Гараджаева // Вестник науки. – 2024. – №9 (78). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-v-ekologii-primenenie-matematicheskikh-metodov-dlya-izucheniya-okruzhayuschey-sredy> (дата обращения: 24.05.2025).

2. Вишневкова О.А. Моделирование распространения и накопления вредных выбросов с учетом специфических погодных-климатических условий г. Красноярска: материалы Пятой Национальной научной конференции с международным участием, 16-20 октября 2017 г. / О.А. Вишневкова, А.А. Дектерев, А.Ю. Мельников, Р.Г. Хлебопрос // Математическое моделирование в экологии. – Пуццоно: ИФХиБПП РАН, 2017. – С.53-55.

3. Архипов А.В. Использование инновационных методов исследования загрязнения воздуха для совершенствования системы контроля атмосферы города Новомосковска / А.В. Архипов, О.Н. Гринюк, А.Д. Михед, О.В. Алексашина // Экология промышленного производства. – 2020. – № 3 (111). – С. 39-44.

4. Панарин В.М. Разработка базовой модели искусственной нейронной сети системы экологического автоматизированного мониторинга атмосферного воздуха / В.М. Панарин, К.В. Гришаков, О.В. Гришакова, А.А. Маслова, А.В. Архипов // Экологические системы и приборы. – 2022. – № 5. – С. 23-29.

5. Панарин В.М. Применение искусственных нейронных сетей в инженерно-технических и экологических разработках / В.М. Панарин, К.В. Гришаков, А.А. Маслова, О.В. Гришакова, А.В. Архипов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 4. – С. 278-284.

СТРУКТУРА СЕНСОРНОЙ СЕТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТОГО РЕГИОНА

В.М. Панарин, А.А. Маслова, А.В. Архипов
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассмотрена структура сенсорной сети информационно-измерительной системы оценки загрязнения атмосферного воздуха промышленно развитого региона, которая представляет собой сложную иерархически организованную систему датчиков и устройств обработки данных, обеспечивающую оперативный сбор, обработку и передачу информации о состоянии воздушной среды. Создание такой системы требует интеграции современных информационных технологий и интеллектуальных решений, однако её внедрение существенно повышает эффективность контроля за качеством воздуха и способствует устойчивому развитию регионов с высоким уровнем индустриального развития.*

Структура сенсорной сети информационно-измерительной системы оценки загрязнения атмосферного воздуха промышленно развитого региона представляет собой сложную иерархически организованную систему датчиков и устройств обработки данных, обеспечивающую оперативный сбор, обработку и передачу информации о состоянии воздушной среды [1].

Основу сети составляют датчики различного типа, размещённые по территории промышленного региона. К ним относятся:

- газовые сенсоры для измерения содержания основных загрязнителей (SO_2 , NO_x , CO , O_3);
- датчики пыли и взвешенных частиц PM_{10} и $\text{PM}_{2.5}$;
- метеорологические станции для регистрации климатических показателей (температура, влажность, направление ветра).

Каждый датчик оснащён средствами передачи данных беспроводными протоколами связи (Wi-Fi, LoRaWAN, NB-IoT), обеспечивая масштабируемость и гибкость сети.

Собранные данные передаются на промежуточные узлы сбора и предварительной обработки (шлюзовую инфраструктуру). Здесь осуществляется первичная фильтрация, сжатие и обработка сигналов с целью минимизации нагрузки на каналы передачи данных.

Данные поступают в облачную платформу, где хранятся в специализированных базах данных NoSQL или SQL. Используются аналитические инструменты больших данных (Hadoop, Spark) для анализа тенденций, выявления аномалий и формирования рекомендаций по снижению уровня загрязнения.

Пользователи получают доступ к данным через веб-интерфейсы и мобильные приложения. Данные представляются графическими картами, диаграммами и отчётами, позволяя оперативно оценивать ситуацию и предпринимать меры по снижению рисков.

Система функционирует непрерывно, автоматически обновляя данные каждые несколько минут. Благодаря использованию технологий машинного обучения, возможна автоматическая классификация ситуаций и выявление потенциальных источников загрязнения [1].

Такая архитектура позволяет эффективно контролировать уровень загрязнения воздуха в регионах с высокой промышленной активностью, способствует повышению информированности населения и органов власти, а также оптимизации усилий по защите окружающей среды.

Современные датчики представляют собой интеллектуальные, небольшие, легкие и портативные устройства с инфраструктурой связи, предназначенной для контроля и регистрации определенных параметров, таких как температура, влажность, давление, направление и скорость ветра, интенсивность освещения, интенсивность вибрации, интенсивность звука, напряжение в сети, химические концентрации и уровни загрязняющих веществ в различных местах. Число датчиков в сети превышает сотни или тысячи специальных крошечных узлов датчиков, разбросанных по разным областям. Таким образом, сеть активно участвует в создании умной среды. С их помощью мы можем разработать недорогие беспроводные платформы, в том числе интегрированные радиоприемники и микропроцессоры. Датчики подходят для автономной работы в высоко динамичных средах в качестве систем с распределенными параметрами. Мы можем добавить датчики, когда они выходят из строя. Они требуют распределенных вычислений и протоколов связи. Они обеспечивают масштабируемость, где качество можно компенсировать сроком службы системы. Они обеспечивают подключение к Интернету через спутник [2].

Структура узла сенсорной сети представлена на рис. 1.



Рис.1. Структура узла сенсорной сети

Конструктивное и функциональное представление сенсорной сети представлено на рис. 2.

Датчик S_A измеряет температуру θ_A в точке в этом пространстве. Датчик S_A измеряет температуру θ_A в точке в этом пространстве. На практике использовались: беспроводная система оценки загрязнения Memsic eKo для наружных работ с 4 сенсорными узлами eKo EN2100, базовое радио eKo EB2110, шлюз eKo со встроенным веб-приложением eKoView. Узлы беспроводных датчиков eKo образуют беспроводную ячеистую сеть с дальностью связи от

нескольких сотен метров, принимающую до четырех входов датчиков. Солнечные элементы или аккумуляторы питания. Базовая радиостанция еКо обеспечивает связь между узлами датчиков еКо и шлюзом еКо через интерфейс USB для передачи данных. Так был использован комплект датчиков метеостанции еКо со скоростью ветра, направлением ветра, датчиком дождя, температурой/влажностью окружающей среды, барометрическим давлением и солнечной радиацией. Каждый узел имеет датчик температуры и влажности для измерения относительной влажности окружающей среды и температуры воздуха, а также для расчета точки росы. Базовая станция является беспроводной, с вычислительной энергией и ресурсами связи, которая действует как шлюз доступа между узлами датчика и конечным пользователем. Узлы-датчики имеют два компонента. Процессорные/радиомодули активируют измерительную систему малой мощности.

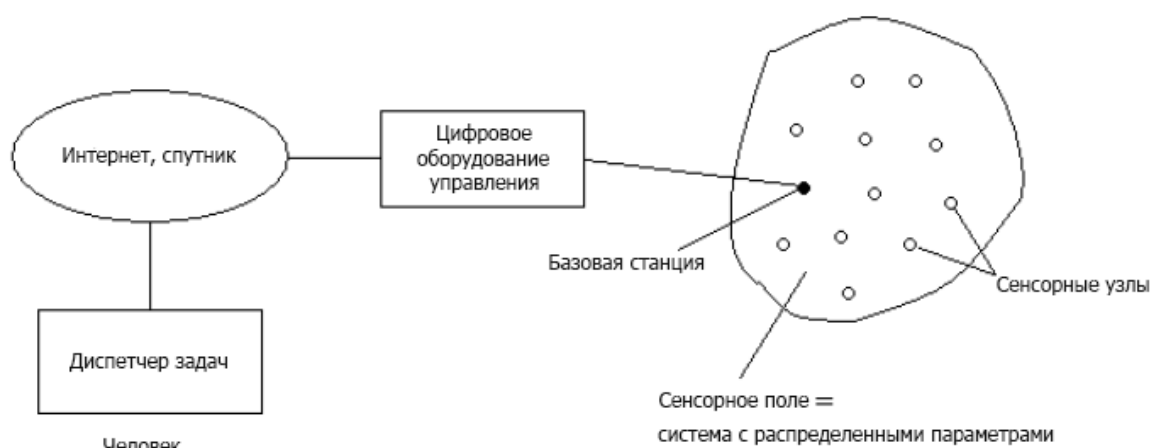


Рис. 2. Схема устройства сенсорной сети

Сенсорная сеть также снабжена программным обеспечением для сбора данных, которое считывает данные из базы данных. Сенсорная сеть работает в режиме реального времени с драйвером, который обеспечивает получение данных с базовой станции [3].

Создание такой системы требует интеграции современных информационных технологий и интеллектуальных решений, однако её внедрение существенно повышает эффективность контроля за качеством воздуха и способствует устойчивому развитию регионов с высоким уровнем индустриального развития.

Список литературы

1. Дорохов И.Н. Автоматизированная система экологического мониторинга промышленного района [Электронный ресурс] / И.Н. Дорохов, В.Н. Смирнов // Программные продукты и системы. – 1998. – № 1. – URL: http://swsys.ru/print/article_print.php?id=975 (дата обращения: 24.05.2025).
2. Гринюк О.Н. Предпосылки и особенности модернизации системы экомониторинга атмосферы города Новомосковска / О.Н. Гринюк, О.В. Алексашина, А.В. Архипов, А.Д. Михед // Безопасность жизнедеятельности. – 2020. – № 11 (239). – С. 50-55.

3. Панарин М.В. Автоматизированная система контроля выбросов загрязняющих веществ на источниках промышленных предприятий / М.В. Панарин, А.А. Маслова, С.А. Савинкова, В.М. Панарин // *Экология и промышленность России*. – 2021. – Т. 25, № 6. – С. 44-48.

РОЛЬ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В ВЫЯВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ И УГРОЗ

В.М. Панарин, А.А. Маслова, А.Н. Коваленко
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье представлено исследование, посвященное выявлению основных экологических рисков и угроз, связанных с проектированием и строительством промышленных комплексов.*

Анализ экологической безопасности в проектировании и строительстве промышленных комплексов требует комплексного подхода к выявлению и оценке экологических рисков и угроз. Эти риски могут возникнуть на различных этапах – от предварительного проектирования до эксплуатации объектов [1]. Рассмотрим основные направления, по которым могут быть выявлены экологические риски.

1. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Роль ОВОС в выявлении экологических рисков и угроз:

- определение источников воздействия – ОВОС помогает идентифицировать все потенциальные источники загрязнения, включая выбросы в атмосферу, сбросы в водные объекты, образование отходов и шумовое воздействие;

- прогнозирование изменений – на этапе анализа ОВОС моделируются последствия взаимодействия промышленного объекта с окружающей средой, включая изменения в состоянии воздуха, воды, почвы и биоразнообразия;

- выявление уязвимых зон – ОВОС позволяет определить, какие природные и социальные объекты находятся в зоне риска, такие как заповедники, водоносные горизонты, населенные пункты и культурные памятники;

- оценка влияния на здоровье населения – изучение прямых и косвенных рисков для здоровья людей, проживающих вблизи планируемого объекта;

- разработка компенсирующих мер – по результатам ОВОС разрабатываются мероприятия по снижению или устранению негативного воздействия, включая восстановление природных территорий, улучшение технологий или компенсационные выплаты.

Основные этапы ОВОС:

- сбор базовых данных, т.е. исследование текущего состояния окружающей среды на территории предполагаемого строительства;

- идентификация рисков, включая анализ экологических, социальных и экономических факторов, связанных с реализацией проекта;
- прогноз воздействия – моделирование последствий на всех этапах жизненного цикла объекта: строительство, эксплуатация, вывод из эксплуатации;
- оценка рисков и последствий – классификация угроз по степени их вероятности и масштабам воздействия;
- предложение смягчающих мер, т.е. разработка планов по снижению или компенсации воздействия, включая использование наилучших доступных технологий (НДТ).

Можно выделить следующие типовые экологические риски, выявляемые на этапе ОВОС:

1. Атмосферное загрязнение – это углеродные выбросы, токсичные соединения, пыль.
2. Водное загрязнение – сбросы неочищенных сточных вод, снижение уровня грунтовых вод.
3. Нарушение ландшафта – смена землепользования, вырубка лесов, эрозия почв.
4. Шумовое и вибрационное воздействие – превышение санитарных норм, особенно в зонах, прилегающих к населенным пунктам.
5. Угрозы биоразнообразию – нарушение среды обитания редких или охраняемых видов флоры и фауны.

Проведение ОВОС играет огромное значение для устойчивого развития с точки зрения экологической безопасности, т.е. снижения вредного воздействия на экосистемы; социальной устойчивости с обязательным учетом интересов населения и снижение конфликтных ситуаций; экономической выгоды, т.е. снижения затрат на устранение последствий экологического ущерба, а также соответствия законодательству, когда ОВОС обеспечивает выполнение требований национальных и международных норм [2].

Выявление основных экологических рисков и угроз в процессе проектирования и строительства промышленных комплексов является необходимым этапом, который позволяет не только минимизировать экологические угрозы, но и сформировать практику экологической безопасности, соответствующую современным требованиям устойчивого развития. Этот процесс помогает предотвратить возможные экологические катастрофы, повысить эффективность использования ресурсов и обеспечить долгосрочную экологическую устойчивость.

Список литературы

1. Ховавко И.Ю. Вернуть оценке воздействия на окружающую среду ее прежнюю роль / И.Ю. Ховавко // ЭКО. – 2015. – №11 (497). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vernut-otsenke-vozdeystviya-na-okruzhayuschuyu-sredu-ee-prezhnyuyu-rol> (дата обращения: 24.05.2025).
2. Шарно О.И. Значение оценки воздействия на окружающую среду и экологической экспертизы в вопросах предотвращения экологического вреда /

О.И. Шарно // *Право и государство: теория и практика*. – 2020. – №12 (192).
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/znachenie-otsenki-vozdeystviya-na-okruzhayushchuyu-sredu-i-ekologicheskoy-ekspertizu-v-voprosah-predotvrascheniya-ekologicheskogo> (дата обращения: 24.05.2025).

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ «ФАЦИИ ШЕИ И КЛЕТЧАТОЧНЫЕ ПРОСТРАНСТВА ШЕИ, ИХ КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ» В КУРСЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ АНАТОМИИ И ОПЕРАТИВНОЙ ХИРУРГИИ

Н.Н. Петрук, М.В. Гюльмагомедова
Сургутский государственный университет,
г. Сургут

***Аннотация.** В статье рассматриваются основные учебно-методические аспекты преподавания темы «Фасции шеи и клетчаточные пространства шеи, их клиническое значение» в курсе Топографической анатомии и оперативной хирургии. В ходе изучения данной темы студенты изучают топографическую анатомию области шеи, решают тематические ситуационные задачи, занимаются учебно-исследовательской работой (УИРС).*

Анатомия человека включает в себя следующие разделы: анатомия систем органов, топографическая анатомия, клиническая анатомия, вариантная анатомия, возрастная анатомия, а также сравнительная анатомия и т.д.

Дисциплина «Топографическая анатомия и оперативная хирургия» является разделом анатомии человека. Топографическая анатомия и оперативная хирургия относится к морфологическому блоку дисциплин.

Данная дисциплина преподаётся на кафедре морфологии и физиологии медицинского института Сургутского государственного университета. Студенты изучают данную дисциплину на 3-4 курсах обучения.

Демонстрационным материалом на практических занятиях служат мультимедийные слайды, плакаты, таблицы по темам занятий, муляжи, а также пластинаты. Студенты изучают топографию области шеи по готовым пластифицированным органокомплексам и другим учебным наглядным пособиям.

Изучение данной темы представляет важнейший интерес для последующего изучения хирургии области головы и шеи, для обоснования проведения рациональных оперативных доступов к пищеводу, щитовидной железе, паращитовидным железам, к магистральным сосудисто-нервным пучкам области шеи, к трахее (для выполнения трахеотомии, а также трахеостомии) и др. органам.

Сначала при разборе данной темы определяются границы и внешние ориентиры области шеи, разбираются треугольники области шеи (их границы, послойное строение и их клиническое значение), изучаются особенности строения фасций шеи, группы клетчаточных пространств шеи, акцент производится на сообщающихся клетчаточных пространствах шеи (особенно на пре- и ретровисцеральных пространствах), а также пути их сообщения с

отделами средостения, подчеркивается клиническое значение знаний топографии данных клетчаточных пространств и их значение в развитии медиастинитов, также изучаются проекционные линии хода сосудисто-нервных пучков области шеи (их значение для создания оперативных доступов в области шеи); на пластифицированных органокомплексах изучается топография мышц области шеи, пищевода и др. органов.

Преподаватель демонстрирует треугольники шеи, их классификацию, объясняет клиническое значение знания треугольников шеи для оперирующих хирургов, а также для анестезиологов-реаниматологов.

В нашей стране наиболее широко используется классификация фасций шеи по В.Н. Шевкуненко.

По данной классификации выделяют 5 фасций шеи:

1. Поверхностная фасция шеи (*fascia superficialis colli*)
2. Поверхностный листок собственной фасции шеи (*lamina superficialis fasciae colli propriae*)
3. Глубокий листок собственной фасции шеи (*lamina profunda fasciae colli propriae*)
4. Внутренностная фасция шеи (состоит из париетального и висцерального листков) (*fascia colli endocervicalis*)
5. Предпозвоночная фасция шеи (*fascia colli prevertebralis*).

Фасции шеи определяют закономерности распространения гнойно-воспалительных процессов в области шеи. Между фасциальными листками находятся клетчаточные пространства шеи, заполненные рыхлой жировой клетчаткой. Вообще, фасциальные футляры, а также межфасциальные клетчаточные пространства могут служить местами для отграничения гнойников.

Клетчаточные пространства шеи принято делить на 2 группы:

- 1) Сообщающиеся (не замкнутые клетчаточные пространства)
- 2) Несообщающиеся (замкнутые клетчаточные пространства)

Важнейшее клиническое значение придаётся сообщающимся клетчаточным пространствам шеи:

1. Преорганное (предвисцеральное) клетчаточное пространство
2. Позадиорганное (позадивисцеральное) клетчаточное пространство
3. Пространство основного сосудисто-нервного пучка шеи
4. Пространство наружного (латерального) треугольника шеи.

Из этих пространств важнейшее значение приобретают два пространства:

1. Предвисцеральное клетчаточное пространство
2. Позадивисцеральное клетчаточное пространство

Также необходимо помнить о путях сообщения этих клетчаточных пространств шеи с различными отделами средостения.

Так, например, предвисцеральное клетчаточное пространство шеи книзу сообщается с передним средостением, а позадивисцеральное клетчаточное пространство – с задним средостением. Это необходимо знать для понимания путей миграции гнойно-воспалительных процессов в области шеи.

Например, при самопроизвольном вскрытии абсцесса, который находится в предвисцеральном клетчаточном пространстве, гнойное содержимое распространяется вниз и приводит к развитию переднего гнойного медиастинита.

При вскрытии абсцесса, локализующегося в позадивисцеральном клетчаточном пространстве – возможно развитие заднего гнойного медиастинита. Все данные клинические моменты необходимо учитывать для своевременной диагностики данных осложнений.

В целом, знания о строении и топографии фасций шеи имеют важное прикладное значение для проведения футлярных блокад, для рационального вскрытия флегмон области шеи различной локализации, при оперативных вмешательствах по поводу ранений области шеи и т.д.

Разбор топографии органов области шеи проводят по схеме: голотопия, синтопия, скелетотопия, сегменты, васкуляризация, венозный отток и лимфатический отток, иннервация органа. По данной схеме разбирается топография щитовидной железы, гортани, пищевода, трахеи и др. органов. Знание топографии органов, их синтопии и скелетотопии необходимо для оперирующих хирургов.

В конце практического занятия даются задания выполнить схематические рисунки: схематично нарисовать треугольники шеи, артерии и вены щитовидной железы и др.

При изучении данного раздела студенты решают ряд ситуационных задач. Тематические ситуационные задачи повышают интерес к поиску решения моделируемой ситуации и позволяют контролировать степень усвоения знаний.

При изучении дисциплины «Топографическая анатомия и оперативная хирургия» используются разные методы УИРС: разбор тематических ситуационных задач, написание обзоров и рефератов.

Таким образом, преподавание темы: «Фасции шеи и клетчаточные пространства шеи, их клиническое значение» в курсе Топографической анатомии и оперативной хирургии представляется чрезвычайно важным для изучения последующих клинических дисциплин (хирургических болезней, анестезиологии и реанимации, травматологии и ортопедии и др.).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЛАМИНИРОВАННОГО КАРТОНА

Н.И. Рахманов, И.В. Скопинцев

ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет»,
г. Москва

***Аннотация.** Ламинированный картон представляет собой популярный упаковочный материал, однако его многослойная структура осложняет процессы вторичной переработки. В данной работе рассматриваются подходы к оптимизации утилизации отходов ламинированного картона с использованием экструзионных технологий и введением биоразлагаемых полимеров, таких как полилактид (PLA) и поли(гидроксиалканоаты) (PHA).*

Проанализированы современные методы разделения компонентов и переработки композитных материалов, включая гидродекортингование и модифицированную экструзию. Особое внимание уделено математическому моделированию процессов экструзии, позволяющему прогнозировать реологические и тепловые свойства полимерных расплавов. Полученные результаты позволяют оптимизировать технологические параметры переработки, повысить качество готовой продукции и снизить экологическую нагрузку.

Основная проблема, связанная с ламинированным картоном, заключается в его многослойной структуре, которая существенно затрудняет переработку. Это приводит к образованию значительных объёмов отходов, большая часть которых либо не подлежит переработке, либо утилизируется с высокими затратами [1, 4-6]. По оценкам, ежегодно в мире производится около 50 миллионов тонн упаковочных отходов, из которых 10-15 % приходится на упаковку из ламинированного картона – то есть примерно 5-7,5 миллионов тонн в год. При этом перерабатывается лишь малая доля этих отходов (в развитых странах – менее 30 %), а остальное отправляется на захоронение или сжигается.

Перед началом моделирования важно изучить состав и структуру ламинированного картона, а именно: тип ламината, содержание бумаги, толщину слоя ламината и физико-химические свойства, такие как плотность, температура плавления, механическая прочность, что важно для выбора технологии отделения покрытия и дальнейшей переработки материала [1, 5, 6].

Экструзия – это процесс, при котором материалы подвергаются воздействию высокой температуры и давления, чтобы создать из них различные формы, например, пленки, листы или трубки. В контексте переработки упаковки из ламинированного картона экструзия может использоваться для переработки картона и пластика в новые продукты [11-13].

Экструзия с использованием биоразлагаемых полимеров представляет собой одно из возможных решений для замены традиционных пластиковых покрытий (например, полиэтилена), что делает упаковку более экологичной и легче перерабатываемой [11-13].

Основными недостатками метода являются ограничения по свойствам полимеров и стоимость, а также технологические сложности, недостаточное количество работ по теоретическому описанию процесса, его обоснованию и использованию. В связи с этим нет или мало рекомендаций по выбору технологических режимов того или иного экструзионного процесса [9-13].

Поскольку переработка ламинированного картона включает как физические, так и химические процессы, требуется более детальное рассмотрение каждого из них. Для описания физических явлений применяется математический аппарат, а в рамках механики сплошной среды основные физические законы формулируются в виде тензорных уравнений. Это объясняется их инвариантностью относительно выбора системы координат, что обеспечивается линейностью и однородностью этих уравнений. При этом математическое моделирование процессов переработки должно основываться на реологических уравнениях состояния, отражающих свойства полимерных материалов. [7].

Сначала составим модель для смеси отходов ламинированного картона с

добавлением полимеров. Пусть смесь состоит из 70 % переработанного картона и 30 % биоразлагаемого полимера (например, PLA). плотность смеси составляет $\rho=1200 \text{ кг/м}^3$, а вязкость на выходе из экструдера изменяется в зависимости от температуры и составных частей. Для оценки теплового режима в экструдере используем уравнение теплопереноса (4). Этот процесс включает конвекцию, теплопроводность и внутреннее тепло, возникающее от деформации расплава (вязкого трения).

Для упрощения рассмотрим, что Q связано с вязкостными потерями, что будет актуально на стадии экструзии:

$$Q = \eta \left(\frac{d\gamma}{dt} \right)^2 \quad (1)$$

где:

- η – вязкость материала,
- $d\gamma/dt$ – скорость деформации (с^{-1}).

Уравнение течения расплава

Расплав, состоящий из смеси картона и полимеров, обладает высокой вязкостью, поэтому для его течения можно использовать уравнение Навье-Стокса с учетом сдвиговой вязкости. Поскольку расплав является высоковязким, вязкость η будет зависеть от состава смеси и температуры. Например, при экструзии смеси из картонных отходов и PLA вязкость можно рассчитывать через модель сдвиговой вязкости, основанной на коэффициентах для каждого компонента.

Механическое поведение расплава

Для экструзии важно моделировать не только теплоперенос и поток расплава, но и его механическое поведение, чтобы предотвратить дефекты при формировании изделия. Для этого можно использовать модель упругопластического материала. В этом случае напряжения в расплаве могут быть выражены через модель типа Багера:

$$\tau = \eta_0 \left(1 + \left(\frac{D}{\dot{\gamma}} \right)^n \right) \quad (2)$$

где:

- τ – напряжение (Па),
- η_0 – начальная вязкость (Па·с),
- D – параметр сдвига (м),
- $\dot{\gamma}$ – скорость деформации (с^{-1}),
- n – коэффициент нелинейности.

Численное решение и моделирование

Граничные условия

Для моделирования экструзии необходимо задать граничные условия:

1. Вход: на входе в экструдер задается скорость потока и температура расплава.
2. Экструдер: внутри экструдера температура и давление изменяются, в зависимости от вязкости материала и механических нагрузок.
3. Выход: на выходе из экструдера – фиксированная температура и давление, а также форма получаемого продукта.

Численный расчет

Предположим, что экструдер имеет длину $L = 2$ м и диаметр $D = 0.05$ м. Расход расплава составляет $Q = 50$ кг/ч, и экструзия происходит при температуре 180°C .

Пример численного моделирования:

1. Температура: на входе в экструдер температура расплава составляет 180°C . Расплав должен быть равномерно прогрет до этой температуры для уменьшения вязкости и облегчения его течения.

2. Поток расплава: расчет скорости потока расплава можно провести через уравнение Навье-Стокса с учетом изменения вязкости $\eta(T)$, где температура варьируется от длины экструдера.

3. Вязкость: для смеси из картонных отходов и PLA вязкость будет зависеть от температуры и состава смеси. Например, при 180°C вязкость может быть порядка $100 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Решение численных уравнений с заданными граничными условиями позволяет спрогнозировать:

- Температурное распределение по длине экструдера;
- Скорость потока расплава;
- Механическое напряжение и деформации в расплаве.

Результаты моделирования и оптимизации

Рассмотрим полученные результаты моделирования для экструзии смеси отходов ламинированного картона и PLA:

- После прохождения расплава через экструдер температура в области выхода стабилизируется на уровне 180°C .

- По имеющейся длине экструдера скорость потока расплава изменяется от 0.1 м/с на входе до 0.15 м/с на выходе.

- Напряжения в расплаве на выходе из экструдера не превышают 20 Па , что позволяет сохранить целостность материала.

Для построения графика зависимости различных типов полимеров, например, их вязкости от температуры или других параметров используют следующие характеристики полимеров:

1. Вязкость (η) как функция температуры (или сдвиговой деформации).
2. Механические свойства (прочность, модуль упругости) от температуры.
3. Молекулярная масса полимера от его растворимости или температуры плавления.

Построение графика зависимости вязкости η от температуры для нескольких типов полимеров (например, PLA, PHA, и полиэтилена).

Вязкость полимеров сильно зависит от температуры и с увеличением температуры вязкость полимера обычно уменьшается.

Уравнение зависимости вязкости полимера от температуры расплава.

Одним из возможных подходов для моделирования вязкости полимеров в зависимости от температуры является:

$$\eta(T) = \eta_0 \cdot e^{\frac{A}{T-T_0}} \quad (3)$$

где:

- $\eta(T)$ – вязкость при температуре ТТТ,
- η_0 – вязкость при базовой температуре T_0 T_0 ,
- A – постоянная, зависящая от материала,
- T_0 – температура, на которой вязкость равна 1 (температура сглаживания).

2. Моделирование зависимости вязкости от температуры

Для демонстрации построим график зависимости вязкости от температуры для трёх типов полимеров:

- PLA (полиактид): $A=8000$, $\eta_0=1500$ (Па·с), $T_0 = 160$
- РНА (поли(гидроксиалканоаты)): $A=9500A$, $\eta_0=2000$ (Па·с), $T_0 = 150$
- РЕ (полиэтилен): $A=6000$, $\eta_0=500$ (Па·с), $T_0 = 120$

Допустим, мы хотим построить график зависимости вязкости от температуры в диапазоне от 100°C до 250°C для всех трёх полимеров.

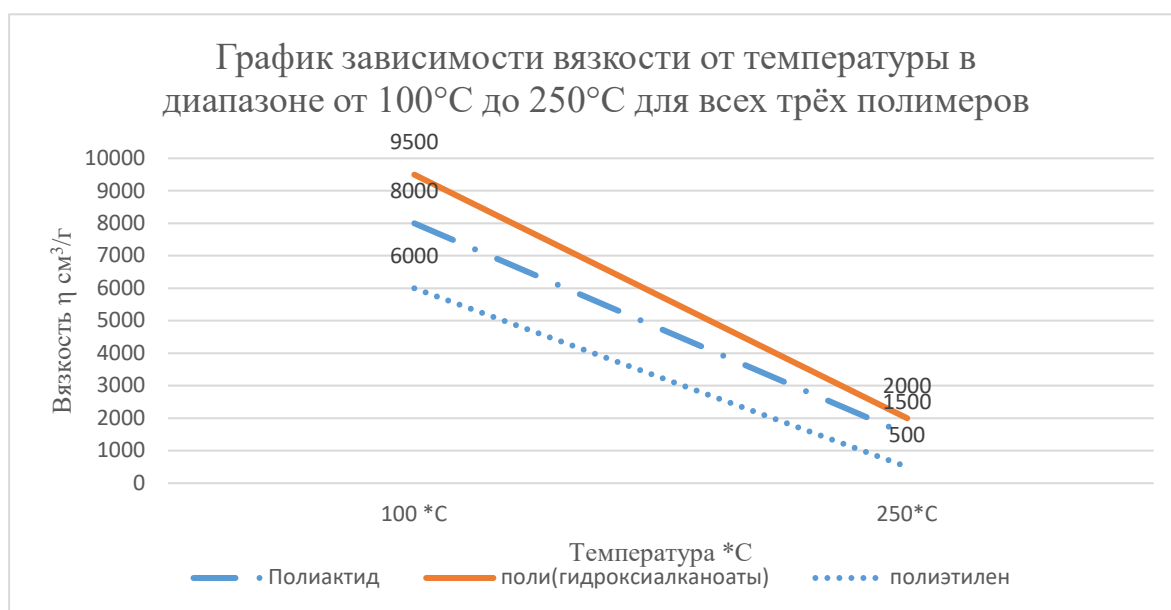


Рис.1. график зависимости вязкости материала (полимера) от температуры плавления

График показывает, что при увеличении температуры вязкость всех полимеров уменьшается, при этом PLA и РНА будут иметь более высокую вязкость при более низких температурах по сравнению с РЕ, поскольку эти полимеры имеют более высокие значения константы A , что указывает на их более высокую зависимость вязкости от температуры. Это важный аспект при экструзии, поскольку снижение вязкости способствует улучшению текучести расплава, его равномерному распределению и формированию более качественных изделий.

PLA и РНА имеют более высокую вязкость при низких температурах по сравнению с РЕ, что говорит о большей термочувствительности этих полимеров. Это важно при выборе полимера для переработки, так как требуется точная настройка температуры экструзии.

РЕ (полиэтилен) имеет более низкую зависимость вязкости от температуры, что делает его менее чувствительным к изменениям температуры, но его переработка может требовать более высоких температур.

Использование биоразлагаемых полимеров, таких как PLA и PHA, в переработке отходов ламинированного картона позволяет создать экологически чистые материалы, которые могут быть использованы для производства упаковки или строительных материалов. Моделирование экструзии помогает определить оптимальные условия для использования этих полимеров, обеспечивая экономичность и устойчивость продукции.

Работа подчёркивает перспективы внедрения численного моделирования в переработку композитных материалов и его значимость для оптимизации процессов, а также акцентирует внимание на необходимости дальнейших исследований для повышения эффективности переработки сложных многослойных материалов.

Список литературы

1. И.Б. Давыдов *Технология машиностроения* удк 621.9; 663 упаковка из картона: особенности, основные виды и область применения в пищевой промышленности.
2. Mokhena, T. C., Sefadi, J. S., Sadiku, E. R., John, M. J., Mochane, M. J., & Mtibe, A. (2018). *Thermoplastic processing of PLA/cellulose nanomaterials composites*. In *Polymers* (Vol. 10, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/polym10121363>.
3. Achilias, D. S., Giannoulis, A., & Papageorgiou, G. Z. (2009). *Recycling of polymers from plastic packaging materials using the dissolution-precipitation technique*. *Polymer Bulletin*, 63(3). <https://doi.org/10.1007/s00289-009-0104-5>.
4. Рахманов Н.И. Основные особенности переработки ламинированного картона / Н.И. Рахманов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2024. – № 23 (522). – С. 51-53. – URL: <https://moluch.ru/archive/522/115383/> (дата обращения: 05.05.2025).
5. Рахманов Н.И. Особенности переработки отходов полиграфического производства / Н.И. Рахманов, И.В. Скопинцев // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. – 2024. – № 1. – С. 19-24. – EDN YUHTBQ.
6. Рахманов Н.И. Особенности и актуальные проблемы переработки ламинированного картона / Н.И. Рахманов, И.В. Скопинцев // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. – 2024. – № 3. – С. 14-23. – EDN EFQSKY.
7. Панин С.В., Буслович Д.Г., Корниенко Л.А., Донцов Ю.В., & Иванова Л.Р. (2019). *Двухкомпонентные полимер-полимерные композиции на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (свмпэ) для аддитивных производственных технологий*. *Фундаментальные Проблемы Современного Материаловедения*, 3. <https://doi.org/10.25712/astu.1811-1416.2019.03.014>.
8. Шариков А.Ю., Иванов В.В., Амелякина М.В., & Сербя Е.М. (2022). *Термопластическая экструзия в процессах пищевой биотехнологии*. In *Термопластическая экструзия в процессах пищевой биотехнологии*. <https://doi.org/10.18334/9785912924477>.
9. Lorang E., Lobianco A., & Delacote P. (2023). *Increasing Paper and Cardboard Recycling: Impacts on the Forest Sector and Carbon Emissions*.

Environmental Modeling and Assessment, 28(2). <https://doi.org/10.1007/s10666-022-09850-5>.

10. Altıparmak S.C., Yardley V.A., Shi Z., & Lin J. (2022). Extrusion-based additive manufacturing technologies: State of the art and future perspectives. In *Journal of Manufacturing Processes* (Vol. 83). <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.09.032>.

11. Plavec R., Hlaváčiková S., Omaníková L., Feranc J., Vanovčanová Z., Tomanová K., Bočkaj J., Kruželák J., Medlenová E., Gálišová I., Danišová L., Příkryl R., Figalla S., Melčová V., & Alexy P. (2020). Recycling possibilities of bioplastics based on PLA/PHB blends. *Polymer Testing*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106880>.

12. Raquez J.M., Narayan R., & Dubois P. (2008). Recent advances in reactive extrusion processing of biodegradable polymer-based compositions. In *Macromolecular Materials and Engineering* (Vol. 293, Issue 6). <https://doi.org/10.1002/mame.200700395>.

13. Nunes F.C., Ribeiro K.C., Martini F.A., Barrioni B.R., Santos J.P.F., & Melo Carvalho B. (2021). PBAT/PLA/cellulose nanocrystals biocomposites compatibilized with polyethylene grafted maleic anhydride (PE-g-MA). *Journal of Applied Polymer Science*, 138(45). <https://doi.org/10.1002/app.51342>.

14. Промышленные системы и компоненты [Электронный ресурс] URL: https://promsistem.com/stati/chto_takoe_ekstruder/ Дата обращения: 05.05.2025.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ В СИЛОСОВАНИИ: ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА И ПОВЫШЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ КОРМОВ

Н.Э. Антонова

Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,
г. Великий Новгород

Аннотация. Статья исследует применение экологически чистых биотехнологий в силосовании для снижения углеродного следа и повышения питательности кормов. Акцент сделан на использовании генного редактирования (CRISPR-Cas9, TALEN) и микробных препаратов, таких как модифицированные штаммы *Lactobacillus* и консорциумы бактерий, которые ускоряют ферментацию, подавляют метаногенез (на 20-40%) и сокращают выбросы CO₂-экв. до 23,5 кг/т силоса. Решения демонстрируют экономическую эффективность: снижение себестоимости кормов на \$8-10/т и окупаемость менее 2 лет. Отмечены вызовы: регуляторные ограничения на ГМО, адаптация к климату и персонализация препаратов. Внедрение технологий соответствует ЦУР 13 ООН, сокращая эмиссии агросектора на 10% к 2030 году.

Ключевые слова: биотехнологии, силосование, углеродный след, метан, устойчивое сельское хозяйство.

Сельское хозяйство, особенно животноводство, играет ключевую роль в глобальном изменении климата, генерируя до 14,5 % антропогенных выбросов парниковых газов. Одним из значимых источников эмиссии является

производство кормов, включая силосование – процесс ферментации растительной массы для сохранения её питательных свойств. Однако традиционные методы силосования часто связаны с потерями питательных веществ, выбросами метана и углекислого газа. Внедрение экологически чистых биотехнологий, таких как микробные препараты, открывает новые возможности для снижения экологической нагрузки и улучшения качества кормов.

Силосование – это процесс анаэробной ферментации, при котором микроорганизмы преобразуют сахара в органические кислоты (молочную, уксусную), консервируя растительный корм. Однако при нарушении условий (медленное снижение pH, доступ кислорода) развиваются вредные микробы, выделяющие метан, CO₂ и аммиак. Это приводит к потере до 20 % сухого вещества, увеличению углеродного следа, а использование химических консервантов (например, формальдегида) негативно влияет на экосистемы.

Традиционные методы силосования включают в себя несколько основных характеристик, среди которых можно выделить башни и траншеи, а также бурты и рулоны. Использование башен и траншей предполагает существенные финансовые вложения в инфраструктуру и технику, однако эти методы обеспечивают обработку крупных партий корма, сокращая длительность заготовительного процесса. К их недостаткам относятся риски промерзания в зимний период и сложности при уплотнении массы. В отличие от них, буртовое и рулонное силосование отличаются гибкостью. Рулоны подходят для небольших объёмов, но чувствительны к повышенной влажности, что может ухудшить качество корма. Организация буртов проще, однако требует строгого поддержания влажности на уровне 65-70 % для минимизации развития патогенов.

Традиционные методы подготовки кормов, такие как силосование, остаются популярными среди сельхозпроизводителей благодаря своей доступности и возможности автоматизации отдельных этапов. Современные технологии сушки кормов демонстрируют высокую эффективность в плане сохранения ценных питательных веществ, таких как белок и каротин, что имеет ключевое значение для формирования стратегических запасов кормовых ресурсов. Применение данных технологий особенно актуально в регионах с холодным климатом, где традиционные методы сушки сена ограничены неблагоприятными температурными условиями и коротким вегетационным периодом.

Традиционные методы силосования, несмотря на их широкое использование, обладают рядом существенных недостатков. Неадекватная трамбовка или упаковка кормовых материалов могут привести к значительным потерям питательных веществ, что снижает общую эффективность процесса силосования. Строительство и эксплуатация силосных сооружений, особенно башенного типа, требуют значительных финансовых вложений, что может оказаться экономически нецелесообразным для некоторых сельскохозяйственных предприятий.

Помимо прочего, неблагоприятные метеорологические условия, такие как заморозки или повышенная влажность, способны оказывать негативное

воздействие на качество кормовых смесей. Они могут привести к ухудшению сохранности корма и снижению его питательной ценности.

В настоящее время современные биотехнологии, в частности CRISPR-Cas9 и TALEN, предлагают инновационный подход к созданию штаммов микроорганизмов, используемых в процессе силосования. Эти технологии позволяют проводить точную модификацию генов, отвечающих за синтез ферментов, таких как фитаза и целлюлаза. В результате подобной модификации ускоряется расщепление растительных волокон, повышается устойчивость бактерий к экстремальным условиям (низкий pH, высокая температура, недостаток кислорода) и оптимизируются эффективность и стабильность процесса силосования.

Применение генетически модифицированных микроорганизмов в силосовании значительно повышает его эффективность. Применение ускоренной ферментации и быстрого расщепления растительных волокон с помощью модифицированных штаммов бактерий способствует сокращению сроков заготовки кормов и повышению усвояемости питательных веществ животными. Устойчивость данных штаммов к экстремальным условиям минимизирует риск порчи корма, что гарантирует его более длительное хранение.

Оптимизация процессов ферментации, в свою очередь, снижает потери, связанные с ошибками в трамбовке или упаковке, что способствует рациональному использованию ресурсов.

С экономической точки зрения применение современных штаммов микроорганизмов ведет к уменьшению затрат на строительство и обслуживание силосов, а также минимизирует потери корма. В результате производство становится более устойчивым и менее обременительным для фермеров.

Кроме того, современные штаммы микроорганизмов способствуют повышению питательной ценности корма за счет сохранения протеина, каротина и других компонентов, что положительно сказывается на здоровье и продуктивности животных.

Также с их помощью внедряют гены, кодирующие антимикробные пептиды, которые подавляют патогены, например *Clostridium* spp., без необходимости использования антибиотиков.

Примеры успешных разработок:

- Штамм *Lactobacillus plantarum* с отредактированным геномом, продуцирующий на 30 % больше молочной кислоты [2]. Это ускоряет подкисление силоса, минимизируя потери питательных веществ.
- Консорциум на основе *Bacillus subtilis* и *Lactobacillus buchneri*, созданный с помощью синтетической биологии, который снижает аэробную порчу на 50 % даже при длительном хранении [5].

Инновацией последних лет стало проектирование искусственных микробных сообществ, в которых штаммы дополняют функции друг друга. Например, гетероферментативные молочнокислые бактерии (LAB), такие как *Lentilactobacillus hilgardii*, комбинируются с гомоферментативными видами, что обеспечивает баланс между быстрым подкислением и стабильностью силоса.

Также включение редуцирующих метан архей, таких как *Methanobrevibacter*, в препараты позволяет снизить эмиссию метана (CH₄) на этапе ферментации.

Применение биологических методов в сфере производства кормов для животных обладает рядом преимуществ. Применение подобных методов способствует снижению использования химических консервантов, таких как пропионовая кислота. Кроме того, данные подходы обеспечивают продление срока хранения кормовых смесей без ухудшения их качественных характеристик.

Современные аналитические технологии активно интегрируются в области микробиологии и агрономии, углубляя наши знания о микроорганизмах и оптимизируя сельскохозяйственные процессы.

Биоинформационные инструменты, такие как базы данных KEGG Pathway и MetaCyc, играют важную роль в изучении метаболических путей бактерий, предоставляя возможности для анализа и визуализации сложных биохимических реакций, что способствует более глубокому пониманию функциональных свойств микроорганизмов.

Для улучшения качества кормов все чаще используют алгоритмы машинного обучения, в том числе нейросети, что способствует более эффективному созданию микробных консорциумов. Данные технологии дают возможность прогнозировать взаимовыгодное сотрудничество между разными типами микроорганизмов и формировать микробные группы с высокой продуктивностью. Подобные консорциумы способны оптимизировать процессы ферментации и, как следствие, увеличивать питательную ценность кормов.

Интеграция передовых методов анализа данных открывает новые возможности для развития устойчивого и высокотехнологичного сельского хозяйства, способствуя повышению эффективности и экологичности производства продуктов питания. Компания EcoSilage Tech (США) разработала препарат «BioSilage Pro» на основе штаммов, отобранных с помощью искусственного интеллекта. Результаты применения этого препарата показывают снижение выбросов CO₂-экв. на 15 % за счет сокращения этапа ферментации и увеличение усвояемости клетчатки у коров на 12 %.

Экологические и экономические выгоды от применения ГМ-штаммов *Lactobacillus* с повышенной активностью включают значительное снижение углеродного следа. Эти штаммы сокращают период активного брожения с 21 до 14 дней, что приводит к уменьшению энергозатрат на хранение. Кроме того, наблюдается подавление метаногенеза в силосе на 20-40 % согласно данным FAO за 2022 год. В экономическом плане себестоимость кормов снижается на \$8-10 за тонну благодаря уменьшению потерь сухого вещества, а окупаемость инвестиций в биопрепараты составляет менее 2 лет, согласно исследованию AgResearch из Новой Зеландии [6].

В разработке и внедрении биопрепаратов, таких как «BioSilage Pro», существуют значительные вызовы и перспективные направления. Одним из главных препятствий на пути внедрения инноваций в сельском хозяйстве является строгий регуляторный режим, обусловленный неоднозначным отношением к генетически модифицированным организмам в Европейском

союзе и ряде азиатских стран. Это обстоятельство затрудняет выход на эти рынки.

Важной задачей также является адаптация биопрепаратов к различным климатическим условиям, в частности разработка термоустойчивых штаммов для тропических регионов. Данное направление отражено в проекте «Climate-Smart Silage» 2023 года [4], направленном на повышение устойчивости к изменению климата.

Кроме того, перспективным является персонализация биопрепаратов с учетом специфики сырья и местных условий. К примеру, создание препаратов для силоса из сорго в засушливых зонах позволит повысить эффективность кормления и адаптироваться к разнообразным агроклиматическим особенностям.

Реализация данных направлений позволит преодолеть существующие барьеры и повысить эффективность инновационных решений в аграрном секторе.

Сравнительный анализ выбросов CO₂ и динамика питательных показателей показана в таблице.

Углеродный след (кг CO₂-экв. на тонну силоса) для различных технологий.
[1,3]

Метод	Этап ферментации	Этап хранения	Этап применения корма	Суммарно
Традиционный (без добавок)	12.5	8.2	15.0	35.7
Химические консерванты	10.1	6.5	14.3	30.9
Микробные препараты	7.8	4.2	11.5	23.5
Органические кислоты	9.3	5.8	13.1	28.2

Цель 13 устойчивого развития (ЦУР) ООН призывает к действиям по борьбе с изменением климата через сокращение выбросов парниковых газов и адаптацию к климатическим рискам. Применение микробных препаратов в силосовании непосредственно способствует этой цели, снижая эмиссию метана (CH₄) на 20-40 % благодаря ускорению ферментации с помощью инокулянтов, таких как *Lactobacillus buchneri*. Оптимизация процессов силосования также уменьшает выбросы углекислого газа (CO₂) на 34 % по сравнению с традиционными методами (таблица). Микробные препараты повышают устойчивость кормовых систем к климатическим изменениям, сокращая потери кормов и способствуя сохранению лесов. Они также способствуют улучшению питательной ценности силоса и снижению загрязнения. Глобальные инициативы, такие как Европейский «Green Deal» и бразильская программа «ABC+», поддерживают внедрение этих технологий. Однако существуют

вызовы, включая регуляторные барьеры и необходимость финансирования для поддержки малых фермерских хозяйств.

Вызовы включают регуляторные барьеры, такие как ограничения на ГМО в ЕС и Азии, необходимость разработки термоустойчивых штаммов для климатической адаптации [4], а также персонализацию микробных препаратов для специфичных культур, например сорго в засушливых зонах.

Экологически чистые биотехнологии в силосовании — это не только инструмент повышения эффективности сельского хозяйства, но и стратегический компонент глобальной климатической повестки. Их массовое внедрение способно обеспечить до 10 % от общего сокращения выбросов в агросекторе к 2030 году, что соответствует задачам Парижского соглашения и ЦУР 13.

Список литературы

1. C. Alan Rotza, Senorpe Asem-Hiabliea, Sara Placeb, Greg Thomac *Environmental footprints of beef cattle production in the United States*, 2019.

2. He X, Liu B, Xu Y, Chen Z, Li H, *Effects of Lactobacillus plantarum on the ethanol tolerance of Saccharomyces cerevisiae. Appl Microbiol Biotechnol* 105(6):2597-2611, 2021.

3. Kung SH, Lund S, Murarka A et al (2018) *Approaches and recent developments for the commercial production of semi-synthetic artemisinin. Front Plant Sci* 9:7.

4. Rooney W., Rajan NI., Xue QI., Feria Arroyo, TE, *CLIMATE-SMART ORGANIC SORGHUM PARTNERSHIP FOR GRAIN AND SILAGE PRODUCTION*, 2023.

5. Афордоаньи Д.М., Валидов Ш.З., Шульга Е.Ю., Исламов Ю.Р. Консорциум микроорганизмов для стимуляции роста растений и защиты от фитопатогенных грибов и способ повышения продуктивности растений – Российский патент 2024 года по МПК C12N1/20 A01N63/22, RU2822893C1.

6. <https://www.agresearch.co.nz/>

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ КОМПЛЕКСОВ ЛОКАЛЬНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Е.М. Рылеева, М.Д. Маградзе, П.С. Васильева
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассмотрены особенности разработки пакета проектной документации проектирования комплексов локальной очистки сточных вод и интересные патентные разработки, чтобы сократить время и затраты на разработку проектов.

В современном мире очистные сооружения стали необходимым продолжением и составной частью технологических процессов промышленных производств, особенно потребляющих большое количество воды. Это связано с

увеличивающимся дефицитом воды как природного ресурса и необходимостью охраны ее источников, что привело к более жестким требованиям к качеству отводимой воды как в природные водоемы, так и в городские канализационные сети, а также с увеличением штрафных санкций за их невыполнение.

Одними из основных документов, регламентирующих отведение сточных вод, являются:

1. Федеральный закон от 07.12.2011 N 416 (ред. от 08.08.2024) «О водоснабжении и водоотведении» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025);

2. Постановление Правительства РФ от 29 июля 2013 г. N 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (с изм. и доп. вступил в силу с 28 ноября 2023 г.)

В тексте закона N 416-ФЗ после внесенных изменений указывается, что сточная вода, отводимая не только в природные водоемы, но и в городские канализационные сети, должна пройти предварительную очистку на установках или сооружениях локальной очистки сточных (ЛОС) вод до показателей, установленных в постановлении N 644. В случае, если, начиная с этого времени, соответствующими контролирующими организациями будут зафиксированы отклонения от установленных норм ПДК, предприятие-нарушитель должно будет возместить в полном объеме ущерб, причиненный окружающей среде.

Следствием такого ужесточения требований к качеству очистки стоков, отводимых в городские канализационные сети, для многих крупных предприятий на первый план вышла необходимость выбора одного из следующих действий:

- строительство локальных очистных сооружений с нуля;
- реконструкция или практически полная замена существующих очистных комплексов.

В настоящее время требуется более высокая степень очистки производственных сточных вод, отводимых в городские канализационные сети, так как именно они представляют собой основные источники загрязнений сточной воды жилищно-коммунального хозяйства. Очень часто городские очистные сооружения имеют высокую степень износа и используют устаревшие технологии очистки воды.

Проектирование локальных очистных сооружений (ЛОС) – многогранный процесс, который включает несколько ключевых этапов. Каждый этап важен для обеспечения эффективной и безопасной работы системы. Ниже описаны основные этапы проектирования ЛОС:

1. Сбор и анализ исходных данных. Первый этап проектирования ЛОС включает сбор и анализ всех необходимых данных о будущем объекте. Этот этап включает:

- Исследование состава и характера сточных вод: проводится анализ состава сточных вод, чтобы определить, какие загрязнители необходимо удалить. Это включает физико-химические и биологические анализы для выявления органических и неорганических загрязнений, взвешенных частиц и других примесей.

- **Определение режима поступления стоков:** изучается режим поступления сточных вод, их объемы и равномерность поступления. Это позволяет понять, как лучше организовать процесс очистки, учитывая пиковые нагрузки и возможные колебания в объемах стоков.

- **Гидрогеологические исследования:** анализируется тип грунта, глубина промерзания и наличие грунтовых вод. Эти данные важны для определения типа конструкции очистного сооружения и способов его установки. Например, в районах с высокими грунтовыми водами может потребоваться использование специальных водоотводных систем.

2. Разработка технологической схемы очистки. На основе собранных данных разрабатывается технологическая схема очистки сточных вод. Этот этап включает:

- **Выбор типа технологической схемы:** определяется, будет ли система самотечной или напорной. Самотечные системы используют уклон трубопроводов для перемещения стоков, тогда как напорные системы требуют насосного оборудования для перекачки воды.

- **Подбор оборудования:** на основании выбранной технологической схемы подбирается необходимое оборудование. Это может включать механические фильтры, флотаторы, песколовки, биологические реакторы и системы доочистки. Важно выбрать оборудование, соответствующее специфике сточных вод и требованиям по степени очистки.

3. Создание проектной документации. Создание проектной документации – это критически важный этап, который включает разработку различных документов:

- **Пояснительная записка:** включает обоснование выбора технологической схемы, описание процесса очистки, расчетные данные и прогнозируемые результаты.

- **Схема планировочной организации земельного участка:** показывает расположение всех элементов ЛОС на участке, учитывая рельеф местности, доступность коммуникаций и санитарные зоны.

- **Архитектурные и конструктивные решения:** включают чертежи и описания строительных конструкций, таких как резервуары, насосные станции, здания для оборудования и прочие элементы инфраструктуры.

- **Инженерные сети и оборудование:** описание систем водоснабжения, водоотведения и электроснабжения, включая спецификации оборудования и материалы, используемые в проекте.

- **Организация строительных работ:** план и график выполнения строительных и монтажных работ, включая этапы, сроки и ответственных лиц.

4. Согласование и сопровождение проекта. После завершения разработки проектной документации наступает этап согласования и сопровождения проекта:

- **Прохождение государственной экспертизы:** Проект направляется на экспертизу для проверки его соответствия всем нормативным требованиям и стандартам. Получение положительного заключения является обязательным для начала строительных работ.

- Авторский надзор: включает регулярные проверки соответствия строительства проектной документации, решение возникающих технических вопросов и внесение необходимых изменений в проект.

- Сопровождение строительства: обеспечивает координацию всех участников проекта, контроль за качеством выполнения работ и соблюдение установленных сроков.

Основой для разработки проектной документации служит большой практический опыт, основанный на знании технологии очистки сточных вод, позволяющий разработать наименее затратную с точки зрения инвестиционных вложений в возведение объекта или его реконструкцию с минимальными сроками ввода в эксплуатацию.

Тонкости разработки документации при проектировании ЛОС.

Технологические решения представляют собой часть проектной документации, направленной на оптимизацию и приспособление архитектурных, конструктивных и прочих проектных решений под конкретные производственные процессы и полное соответствие их функциональному назначению.

В этом подразделе должны присутствовать сведения, требующие доскональных представлений обо всех нюансах используемой технологии очистки сточной воды. Кроме того, для него необходимо также и знание технических подробностей, касающихся особенностей эксплуатации очистных сооружений и прочего оборудования.

Особенности выполнения разработки раздела «Автоматизация технологических процессов» при разработке рабочей документации для ЛОС представляет собой проектные решения, направленные на обеспечение управления и контроля над работоспособностью основного технологического оборудования, осуществляемого, как правило, без участия человека либо при оставлении за человеком права принятия ответственных решений.

При разработке подраздела проектной документации «Технологические решения» в него, как правило включают:

- общие данные;
- функциональную схему технологического процесса;
- планы расположения технологического оборудования;
- планы и разрезы трубной обвязки основного технологического оборудования;
- аксонометрические схемы трубной обвязки;
- чертежи основных узлов, деталей.

Кроме того, к ТХ прилагаются следующие документы:

- спецификации оборудования, изделий и материалов;
- задания на подключение к внешним сетям водопровода и канализации.

В состав разрабатываемого раздела рабочей документации АТХ обычно включают:

- общие данные;
- схема питания средств автоматизации;

- схемы автоматизации;
- схемы электрические принципиальные управления;
- устройств электроуправления;
- схемы электрические соединений внешних проводок и подключений;
- планы прокладки слаботочной и силовой сетей;
- план размещения шкафов управления;
- кабельный журнал.

Прилагаемые к АТХ документы: спецификации оборудования, изделий и материалов; электроснабжения, задание на подключение оборудования к внешним сетям.

Разработка рабочей документации систем автоматизации проводится обычно на основе технического задания, в котором определены объем и технический уровень автоматизации технологического процесса. Причем право на разработку имеют только те организации или физические лица, у которых есть специальная лицензия на право проектирования систем автоматизации, которая обеспечивается в том числе специальным допуском саморегулируемой организации (СРО).

Допуск выдается СРО на осуществление работ, оказывающих влияние на объекты капитального строительства, и представляет собой подтверждение требуемого уровня квалификации сотрудников.

В частности, для выполнения проектных работ в свидетельстве о допуске подтверждается возможность создания архитектурно-строительных проектов и указывается право на проведение определенных видов таких работ в соответствии с принятыми в Российской Федерации нормами и стандартами, а также в соответствии с требованиями заказчиков.

Все эти нюансы при составлении ТХ и АТХ, являющихся частью проектной и рабочей документации, связаны с тем, что локальные очистные сооружения представляют такой строительный объект, где в основу его проектирования в первую очередь закладывается технология, лежащая в основе работы всех стадий очистного комплекса. Прочие же разделы проектной документации, к которым относятся: АР – «Архитектурные решения», КР – «Конструктивные решения», КЖ – «Конструкции железобетонные», КМ – «Конструкции металлические», ЭО – «Электрооборудование и освещение» и другие, составляются с учетом требований технологии, применяемой для очистки сточных вод предприятия, по заказу которого разрабатывается проект комплекса сооружений локальных очистных систем.

Сокращение времени и затрат на разработку проекта ЛОС.

Оперативность выполнения поставленной задачи может быть обеспечена работой в постоянном диалоговом режиме как с разработчиками компоновки поставляемого оборудования для очистки сточной воды, так и непосредственно с заказчиком.

Сократить время и затраты на разработку проектов можно, используя типовые проектные наработки, схемы, блоки, модули, в том числе и патентные

разработки. Например, наиболее интересными являются следующие патентные разработки:

- Патент №195505 «Локальное очистное устройство». Полезная модель относится к области очистки сточных вод, а именно к локальным очистным устройствам или сооружениям глубокой биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод отдельных жилых строений или группы зданий.

- Патент №2422380 «Способ индивидуальной очистки сточных вод и компактное устройство для индивидуальной очистки сточных вод». Изобретение относится к компактным индивидуальным биологическим системам очистки хозяйственно-бытовых сточных вод активным илом во взвешенном состоянии и может быть использовано в отдельно стоящих зданиях, а также в небольших поселках.

- Патент №2367620 «Установка для глубокой биологической очистки сточных вод». Изобретение относится к установкам, сочетающим биологическую очистку с процессом мелкопузырчатой аэрации (искусственной подачи воздуха) для окисления составляющих сточной воды, и предназначено для глубокой биологической очистки сточных вод.

- Патент №2801466 «Устройство для биологической очистки воды с вращающимися биоконтакторами». Изобретение относится к экологии, а именно к очистке воды, промышленных и сточных вод в открытых искусственных и природных водоемах с применением аэробных способов биологического окисления, использующих частично погруженные в воду подвижные (непрерывно вращающиеся) контактные тела, контактная поверхность которых (загрузка) выполнена с возможностью покрытия ее биопленкой с окисляющими (аэробными гетеротрофными) микроорганизмами и/или микроводорослями.

- Патент №187325 «Устройство для очистки сточных вод». Полезная модель относится к области экологии и охраны окружающей среды, а именно к устройствам для очистки сточных вод, и может быть использована как в стационарных, так и в автономных объектах при сбросе сточных вод в зоны санитарной охраны водных объектов, где предъявляются наиболее жесткие требования к качеству сбрасываемой очищенной воды.

Для оперативности реагирования, учета, и контроля количественных и качественных параметров сбрасываемых сточных вод в настоящее время широко начинают внедряться автоматические средства измерения и учета показателей выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ, а также к технические средства фиксации и передачи информации о показателях выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Список литературы

1. *Федеральный закон от 07.12.2011 N 416 (ред. от 08.08.2024) «О водоснабжении и водоотведении».*

2. *Постановление Правительства РФ от 29 июля 2013 г. N 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении*

изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

3. <https://sppi.ooo/blog/proektirovanie-i-arxitektura/proektirovanie-lokalnyx-ochistnyx-sooruzhenij>.

4. Патент RU №195505 U1 «Локальное очистное устройство» / П.О. Лицовский; опубл. 29.01.2020 / Бюл. №4.

5. Патент RU №2422380 C1 «Способ индивидуальной очистки сточных вод и компактное устройство для индивидуальной очистки сточных вод» / Ю.О. Бобылев; опубл. 27.06.2011 / Бюл. №18.

6. Патент RU №2367620 C1 «Установка для глубокой биологической очистки сточных вод» / Д.С. Бушев, О.В. Дремов; опубл. 20.09.2009 / Бюл. №26.

7. Патент RU №2801466 C1 «Устройство для биологической очистки воды с вращающимися биоконтакторами» / Р.А. Хасанов; опубл. 09.08.2023 / Бюл. №22.

8. Патент RU №187325 C1 «Устройство для очистки сточных вод» / Е.А. Соловьева, Н.Н. Мацуков; опубл. 04.10.2021 / Бюл. №28.

9. Пояснительная записка к проекту постановления Правительства Российской Федерации от 13 марта 2019 г. N 263 «О требованиях к автоматическим средствам измерения и учета показателей выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ, к техническим средствам фиксации и передачи информации о показателях выбросов загрязняющих веществ и (или) сбросов загрязняющих веществ в государственный реестр объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду».

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОДНО-СЕПАРАЦИОННОГО БЛОКА
ДЛЯ ЕМКОСТНОЙ ДЕИОНИЗАЦИИ ВОДЫ,
СОДЕРЖАЩЕГО ДВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ УГЛЕРОДНЫХ
ЭЛЕКТРОДА, А ТАКЖЕ ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫЙ ТИП
СЕПАРАТОРА В ВИДЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ КАТИОНО-
АНИОНООБМЕННОЙ МЕМБРАНЫ МОЗАИЧНОЙ СТРУКТУРЫ
(СОКРАЩЕННО «МОЗАИЧНОЙ МЕМБРАНЫ») ВЗАМЕН ОБЫЧНОГО
ПОРИСТОГО СЕПАРАТОРА**

Ю.М. Вольфович

Институт Физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН,
г. Москва

Аннотация. Разработан электродно-сепарационный блок для емкостной деионизации воды, содержащий два наноструктурированных углеродных электрода, а также принципиально новый тип сепаратора в виде наноструктурированной катионо-анионообменной мембраны мозаичной структуры (сокращенно «мозаичной мембраны») взамен обычного пористого сепаратора.

Основной проблемой получения чистой питьевой воды методом емкостной деионизации воды (ЕДВ) [1] являются большие энергозатраты,

обусловленные большими омическими потерями энергии вследствие огромного сопротивления чистой воды. Нами было проведено исследование емкостной деионизации воды (ЕДВ) с использованием сепарационно-электродного блока (СЭБ), в котором для существенного снижения энергозатрат при получении чистой воды вместо обычного пористого сепаратора (спейсера) была использована так называемая мозаичная мембрана (ММ), содержащая катионо- и анионообменные компоненты. Были использованы два типа смешанных мембран: спрессованная из двух мембран мозаичная мембрана и полосатая смешанная мембрана.

Спрессованная ММ. Технология изготовления волокнистой мозаичной мембраны «Поликон» основывается на ранее разработанном в Саратовском государственном техническом университете способе поликонденсационного наполнения полимерных композиционных материалов. ММ «Поликон» представляет собой композиционный материал, содержащий анионитовую и катионитовую компоненты в соотношении 50 %:50 %. При ее получении синтез и формирование слабоосновного анионита и сильнокислотного сульфокатионита проводили на поверхности и в структуре новолачной фенолформальдегидной волокнистой матрицы. По достижению 30-35%-ой степени отверждения полимерных ионитовых матриц оба компонента подвергались совместному термостатированию при температуре 1300 С и давлении прессования 2МПа. Толщина мембраны 0.45 мм.

Полосатая смешанная мембрана. Формирование полосок слабоосновного анионита и сильнокислотного сульфокатионита проводили на поверхности и в структуре новолачной фенолформальдегидной волокнистой матрицы. По достижению 30-35%-ой степени отверждения полимерных ионитовых матриц обе компоненты подвергались совместному термостатированию при температуре 1300 С. В отличие от спрессованной мозаичной мембраны полосатая мембрана является полностью гомогенной по толщине. Объектами исследования являлись образцы, получены методом поликонденсационного наполнения на волокнистой основе (ВО) различной химической природы и содержат как катионитовую, так и ионитовую матрицы, формируемые непосредственно на поверхности и в объеме ВО. Ширина полос катионитовых и анионитовых мембран в исходном сухом состоянии была около 4 мм.

Была исследована ионная проводимость и обменная емкость мозаичных мембран двух типов и было показано, что присутствие подвижных противоионов обеспечивает достаточную ионную электропроводность мембраны даже в чистой воде. Методом эталонной контактной порометрии (МЭКП) [2] была исследована пористая структура обеих типов ММ. Величины удельной поверхности у полосатой и спрессованной мембраны соответственно равны 340 м²/г и 170 м²/г. Из гидродинамического уравнения Козени следует, что основной поток воды через мембрану осуществляется по макропорам. Из порометрических данных следует, что величины макропористости у обеих мембран близки между собой. В этой ситуации гидродинамический поток будет большим у менее толстой мембраны, т.е. у спрессованной, у которой толщина 0.45 мм, в

то время как у полосатой мембраны 0.6 мм. Поскольку гидродинамическая проницаемость мембраны в значительной степени определяет эффективность ее использования в ЕДВ, то можно заключить, что желательнее изготавливать более тонкие катионо-анионообменные мембраны полосатой конструкции (дизайна).

Для двух исследованных типов ММ были измерены зависимости электропроводности от концентрации соли (NaCl) в области малых концентраций. Было установлено, что при экстраполяции на нулевую концентрацию величины электропроводности обеих мембран достаточно высоки: 0.05 См/м для полосатой мембраны и 0.1 См/м для спрессованной мембраны.

В статической симметричной ячейке (без потока жидкости) были измерены циклические вольт-амперные (ЦВА) кривые для обеих мембран, пропитанных чистой водой. Для полосатой мембраны ЦВА кривые имели вид классических ЦВА кривых для заряжения двойного электрического слоя (ДЭС) как для двойнослойных конденсаторов (ДСК) с концентрированными электролитами, несмотря на то, что в данном случае эти кривые измерены в чистой воде. Это объясняется высокой концентрацией катионообменных и анионообменных групп как в активированном угле Норит, из которого сделаны оба электрода, так и в данной мозаичной мембране. При скорости развертки потенциала $w = 0.1$ мВ/с максимальная удельная емкость $C \sim 66$ Ф/г, а при $w = 2$ мВ/с $C \sim 45$ Ф/г. Отличительной особенностью ЦВА кривых для спрессованной мембраны является деформация этих кривых, вызванная высоким внутренним сопротивлением. При скорости развертки потенциала $w = 0.1$ мВ/с максимальная удельная емкость $C \sim 60$ Ф/г, а при $w = 2$ мВ/с $C = 30$ Ф/г. Следовательно, емкостные данные для полосатой мембраны выше, чем для спрессованной мембраны. Характер диаграммы Найквиста для спрессованной мембраны может говорить об ограничении процессов заряжения высоким сопротивлением, распределенным в пористой структуре электродов, что по всей видимости определяет экстремальный характер ЦВА при высоких скоростях развертки напряжения.

В динамической ячейке были проведены сравнительные исследования работы ЕДВ для ЭСБ с двумя мозаичными мембранами. Целью работы было получение чистой питьевой воды. В качестве исходной соли была взята соль KCl с концентрацией 0.004 М. Задавались следующие постоянные величины напряжения на ячейке: 1.2 В, 1.4 В, 1.6 В, 1.8 В и 2.0 В при скоростях потока 2.5 мл/мин, 5 мл/мин, 10 мл/мин и 15 мл/мин. Измерялись зависимости электропроводности водного раствора от времени в процессе стадий деионизации (заряжения) и концентрирования (разряжения) а также зависимости тока от времени. Из этих данных рассчитывались величины степени деионизации g и удельных затрат энергии на 1 моль воды. При увеличении скорости потока степень деионизации при прочих равных условиях уменьшается, однако, возрастает производительность по очищенной воде в единицу времени. С увеличением напряжения степень деионизации в общем случае возрастает, энергозатраты также возрастают, а удельные энергозатраты на моль воды мало изменяются. Было установлено, что при малой скорости

потока (2.5 мл/мин) удельный расход энергии на единицу объема деионизованной воды меньше для спрессованной мембраны, в то время как для больших скоростей потока (10-15 мл/мин) удельный расход энергии меньше для полосатой мембраны. Степень деионизации $g = \frac{(C_{исх} - C_{конеч})}{C_{исх}} \cdot 100 \%$ для малых скоростей потока больше для спрессованной мембраны, а для больших скоростей потока больше для полосатой мембраны. Эти факты иллюстрируются нижеследующими таблицами, в которых приведены величины степени деионизации, а также величины удельного расхода энергии на деионизацию для разных напряжений и скоростей потока $w = 2.5 \text{ см}^3/\text{мин}$ и $15 \text{ см}^3/\text{мин}$.

Величины степени деионизации для скорости потока $w = 2.5 \text{ см}^3/\text{мин}$

U, В	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Спрессованная Мембрана	0.625	0.773	0.810	0.855	0.865
Полосатая мембрана	0.544	0.597	0.620	0.658	0.679

Величины степени деионизации для скорости потока $15 \text{ см}^3/\text{мин}$

U, В	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Спрессованная Мембрана	0.152	0.153	0.165	0.254	0.323
Полосатая мембрана	0.164	0.222	0.320	0.409	0.470

Величины удельного расхода энергии на деионизацию в Втч/моль для $w = 2.5 \text{ см}^3/\text{мин}$

U, В	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Спрессованная Мембрана	36.4	36.7	40.7	51.9	78.0
Полосатая мембрана	40.8	52.4	58.6	67.8	86.1

Величины удельного расхода энергии на деионизацию в Втч/моль для $w = 15 \text{ см}^3/\text{мин}$

U, В	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
Спрессованная Мембрана	55.7	105.3	104.3	120.7	127.8
Полосатая мембрана	31.3	30.7	22.6	32.8	34.4

Из этих данных следует, что для получения чистой питьевой воды с учетом производительности установки ЕДВ предпочтительнее использовать полосатую мембрану.

Список литературы

1. Вольфович Ю.М. Емкостная деионизация воды с электродами из нанопористого активированного угля и катионо-анионообменной мембраной мозаичной структуры / Ю.М. Вольфович, А.А. Михалин, А.Ю. Рычагов, М.М. Кардаш // Физикохимия поверхности и защита металлов, 2021. – Т. 57, № 1. – С. 1-12.

2. Вольфович Ю.М. Успехи химии, Пористая структура и смачиваемость компонентов топливных элементов как факторы, определяющие электрохимические характеристики / Ю.М. Вольфович, В.Е. Сосенкин. – 2012. – Т.81. – С.936-959.

КЛЮЧЕВЫЕ ЭТАПЫ ХИМИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СОЛЕЙ ХРОМА В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

В.М. Панарин, Е.М. Рылеева, Е.А. Савина, К.С. Соловьева
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые этапы химической трансформации солей хрома в экосистеме реки. Обозначаются механизмы, влияющие на поведение хрома в водной среде, включая окислительно-восстановительные реакции, взаимодействие с органическими и неорганическими компонентами. Особое внимание уделяется биогеохимическим циклам, которые способствуют миграции и изменению токсичности хрома.

Химическая трансформация солей хрома в водных экосистемах представляет собой сложный процесс, включающий взаимодействие различных химических форм хрома с окружающей средой. Хром, как элемент, существует в нескольких окислительных состояниях, наиболее распространенными из которых являются Cr(III) и Cr(VI). Эти формы имеют разные физико-химические свойства, токсичность и биодоступность, что делает их поведение в экосистемах существенно различным:

- Cr(VI) (хроматы, дихроматы) – высокотоксичен, мобилен, растворим в воде.
- Cr(III) – менее опасен, образует нерастворимые гидроксиды и комплексы.

Трансформация хрома зависит от pH, окислительно-восстановительных условий (Eh), наличия органики, микробной активности и других факторов. Рассмотрим ключевые этапы:

1. Поступление солей хрома в водный объект. Хром, как тяжелый металл, может поступать в реки из различных источников, включая промышленные выбросы, сельскохозяйственные стоки и атмосферные осадки. Основное внимание уделяется промышленным процессам, связанным с производством хромосодержащих материалов, таких как хромовая кислота и хроматы, а также их потенциальному воздействию на окружающую среду. Процесс поступления

солей хрома в реку включает несколько этапов: выбросы из производственных предприятий, утечка из складов, а также вымывание из почвы в результате дождевых осадков. Учитываются также факторы, способствующие миграции хрома в водные тела, такие как режим осадков, тип почвы и географические особенности региона. Понимание механизмов поступления солей хрома в реки является ключевым для разработки стратегий мониторинга и управления качеством вод, а также для оценки рисков, связанных с загрязнением водных ресурсов.

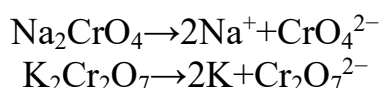
Основные источники поступления: промышленные стоки (металлургия, гальваника, кожевенное производство); атмосферные осадки (выбросы ТЭЦ, сжигание отходов); вымывание из горных пород. Например:

- Cr(VI): Na_2CrO_4 (хромат натрия), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (дихромат калия).
- Cr(III): $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ (нитрат хрома(III)), CrCl_3 (хлорид хрома(III)).

2. Растворение и диссоциация. На этом этапе происходит взаимодействие между молекулами воды и ионами солей хрома. Водные молекулы, обладая полярной структурой, окружают ионы, что приводит к разрушению кристаллической решетки соли и её переходу в раствор. Этот процесс зависит от природы соли, температуры, давления и других факторов.

Диссоциация: при растворении солей хрома, таких как хромат натрия (Na_2CrO_4) или дихромат калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), происходит диссоциация на отдельные ионы. Например, дихромат калия распадается на ионы калия (K^+) и дихромат-ион ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Диссоциация является ключевым процессом, так как именно в ионной форме хром может взаимодействовать с другими компонентами водной среды. Ионы хрома могут оказывать токсическое воздействие на водные организмы, и понимание их поведения в водной среде позволяет предсказать возможные экологические риски и разрабатывать методы очистки. Примеры диссоциации солей хрома в воде:

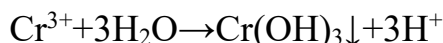
- Cr(VI).



- Cr(III).



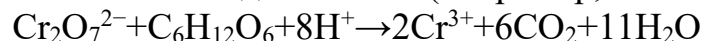
Cr(VI) остается в растворе, а Cr(III) при нейтральном pH образует нерастворимый гидроксид:



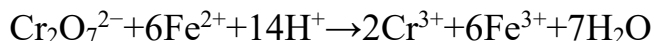
3. Окислительно-восстановительные реакции играют ключевую роль в химических трансформациях солей хрома в водной среде рек. Они могут быть вызваны различными факторами, включая изменения в pH, наличие органических и неорганических окислителей (например, перманганата калия или хлора) и взаимодействие с биологическими организмами.

- Восстановление Cr(VI) до Cr(III) происходит под действием восстановителей: органических веществ, Fe(II), сульфидов (S^{2-}), микроорганизмов. Примеры реакций:

- С органическими соединениями (например, глюкозой).



- С Fe(II).



Снижение токсичности наблюдается при переходе в менее подвижную форму (Cr^{3+}).

- Окисление Cr(III) до Cr(VI) возможно в присутствии сильных окислителей (MnO_2 , O_2 в щелочной среде). При условии высокого pH (>8) и аэробной среды.



4. Влияние pH на формы хрома:

– при низком pH (кислотных условиях) хром(VI) может преобладать в виде хромата (CrO_4^{2-}), который более растворим и токсичен;

– с увеличением pH (щелочные условия) хром(VI) может преобразовываться в менее растворимые формы, такие как хромат, что снижает его подвижность и биодоступность;

– хром(III) в основном присутствует в форме гидроксидов (например, $\text{Cr}(\text{OH})_3$) при pH выше 5-6, что делает его менее токсичным и более стабильным.

Изменение pH в водоемах может значительно повлиять на токсичность хрома и его способность к миграции в экосистеме. Это также влияет на процессы, такие как осаждение, адсорбция и биодоступность хрома для водных организмов.

- Cr(VI):

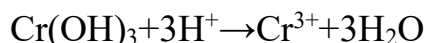
В кислой среде (pH < 6) преобладает $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.

В щелочной среде (pH > 6) доминирует CrO_4^{2-} .

- Cr(III):

При pH 5–7 образует нерастворимый $\text{Cr}(\text{OH})_3$.

При pH < 4 растворяется:



5. Сорбция и осаждение являются также одними из основных процессов в химической трансформации солей хрома в водных экосистемах.

Сорбция – это процесс, при котором ионы или молекулы адсорбируются на поверхности твёрдого тела, в данном случае – на частицах осадка, таких как глина, оксиды металлов или органические вещества. Сорбция может быть физической (адсорбция) или химической (абсорбция).

Основные факторы, влияющие на сорбцию:

- pH среды (изменение pH влияет на заряд поверхности сорбента и, соответственно, на способность удерживать ионы хрома. В кислой среде хром может существовать в виде катионов, тогда как в щелочной – в виде анионов).

- Концентрация ионов (более высокая концентрация ионов хрома в воде может увеличить скорость сорбции).

- Температура (температура влияет на кинетику сорбции и может изменить равновесные состояния).

Типы сорбентов:

- Минеральные частицы (глины и оксиды железа и алюминия являются эффективными сорбентами для ионов хрома).

- Органические вещества (гуминовые кислоты и другие органические соединения также могут сорбировать хром, изменяя его доступность для водных организмов).

Осаждение – это процесс, при котором растворимые вещества превращаются в нерастворимые соединения и выпадают в осадок. Этот процесс может происходить в результате химических реакций, изменения условий среды или взаимодействия с другими веществами.

Процессы осаждения:

- Химическое осаждение. Например, при взаимодействии ионов хрома с ионами кальция или магния может образовываться нерастворимый хромат кальция.

- Сорбционно-осадочные процессы (в результате сорбции ионов хрома на поверхности частиц может происходить осаждение, что приводит к образованию более стабильных форм хрома).

Факторы, влияющие на осаждение:

- pH и ионная сила (изменение pH может изменить растворимость хрома и способствовать образованию осадков).

- Наличие других ионов (присутствие других ионов в воде может значительно влиять на процессы осаждения, изменяя равновесие между растворёнными и нерастворёнными формами).

Сорбция и осаждение являются важными механизмами, влияющими на судьбу солей хрома в водных экосистемах. Понимание этих процессов позволяет предсказать поведение хрома в реках и оценить его экологические риски.

- Cr(III). Активно сорбируется на частицах глины, оксидах Fe/Mn, органическом веществе:



- Cr(VI). Слабо сорбируется, остается в растворе, но может связываться с положительно заряженными поверхностями при низком pH.

6. Биологическая трансформация солей хрома в водных экосистемах представляет собой важный этап в цикле их миграции и изменения токсичности.

Микробиологические процессы. Биологическая трансформация хрома часто осуществляется с участием микроорганизмов, таких как бактерии и грибы. Эти организмы могут редуцировать хром (VI) до менее токсичного хрома (III) в процессе метаболизма. В результате редукции происходит изменение валентности хрома, что влияет на его растворимость и способность к сорбции на поверхностях твердых частиц в воде и осадках.

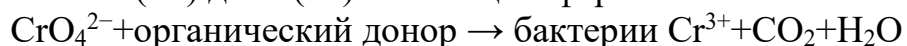
Условия для трансформации: процессы биологической трансформации зависят от многих факторов, включая pH среды, температуру, наличие органических веществ и кислорода. Например, в анаэробных условиях (при отсутствии кислорода) бактерии могут более эффективно редуцировать хром (VI), тогда как в аэробных условиях этот процесс может замедляться. Кроме того,

присутствие органических соединений может служить источником углерода для микроорганизмов, что способствует их активности и, следовательно, трансформации хрома.

Экологические последствия: биологическая трансформация хрома имеет важные экологические последствия. Снижение токсичности хрома (VI) до хрома (III) может уменьшить негативное воздействие на водные организмы и экосистемы в целом. Однако, хром (III) также может накапливаться в организмах и вызывать токсические эффекты, особенно при высоких концентрациях. Поэтому важно понимать не только механизмы биологической трансформации, но и их влияние на экосистемы.

Таким образом, биологическая трансформация солей хрома в реках является сложным процессом, включающим взаимодействие между микроорганизмами и химическими формами хрома. Понимание этих процессов может помочь в разработке эффективных методов управления загрязнением и восстановлении экосистем, пострадавших от антропогенного воздействия. Исследования в этой области продолжаются, и новые данные могут привести к более глубокому пониманию механизмов трансформации и их экологических последствий.

Микроорганизмы: бактерии (например, *Pseudomonas*, *Shewanella*) восстанавливают Cr(VI) до Cr(III) с помощью ферментов.



Фиторемедиация: некоторые растения (ряска, рдест) поглощают хром через корни и накапливают его в тканях.

7. Ремобилизация из донных отложений представляет собой важный процесс в цикле химической трансформации солей хрома в водных экосистемах, таких как реки. Этот процесс включает в себя высвобождение и повторное растворение хрома, который ранее осел на дно в виде различных соединений.

Ремобилизация может происходить под воздействием различных факторов, включая:

- Изменение условий окружающей среды (физико-химические условия, такие как pH, температура и содержание растворенных веществ, могут влиять на растворимость хрома в донных отложениях). Например, при повышении температуры и изменении pH на более кислую среду, хром может переходить из нерастворимых форм в растворимые.

- Биологическая активность (микроорганизмы в донных отложениях могут способствовать ремобилизации хрома через процессы, такие как редукция и окисление). Некоторые бактерии способны восстанавливать шестивалентный хром (Cr(VI)) до трехвалентного (Cr(III)), что может приводить к его высвобождению в воду.

- Гидродинамические процессы (потоки воды, вызванные дождем или изменением уровня воды, могут нарушать донные отложения и способствовать высвобождению хрома в водный столб).

Ремобилизация хрома из донных отложений может иметь серьезные экологические последствия. Высвобожденный хром, особенно в форме Cr(VI), является токсичным и канцерогенным, что может негативно сказаться на водных

организмах и экосистемах. Повышение концентрации хрома в воде может привести к уменьшению биоразнообразия водных организмов, нарушению пищевых цепей, загрязнению питьевых водоемов.

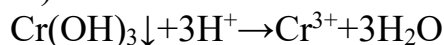
Для контроля и управления процессом ремобилизации необходимо проводить регулярный мониторинг качества воды и донных отложений. Используются такие методы как:

- Анализ проб воды и осадков (определение концентрации хрома и его форм в водной среде и донных отложениях).
- Моделирование процессов (использование математических моделей для предсказания поведения хрома в экосистеме при различных условиях).

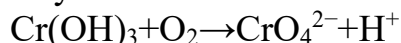
Ключевым аспектом управления является разработка стратегий по снижению ремобилизации, таких как восстановление экосистем, использование барьеров для предотвращения миграции загрязняющих веществ и очистка донных отложений. Ремобилизация из донных отложений является сложным процессом, который требует комплексного подхода для понимания и управления рисками, связанными с загрязнением хромом в водных экосистемах.

Накопленный в донных отложениях Cr(III) может возвращаться в воду при:

- Подкислении ($\text{pH} < 4$):



- Окислении в аэробных условиях:



Понимание этапов химической трансформации солей хрома в поверхностных водных объектах является ключевым для оценки их воздействия на окружающую среду и здоровья экосистем. Дальнейшие исследования в данной области помогут разработать стратегии для минимизации негативных последствий и улучшения качества водных ресурсов. Трансформация солей хрома в реках — динамичный процесс, зависящий от химических, физических и биологических факторов. Cr(VI), будучи более опасным, может восстанавливаться до менее токсичного Cr(III), который осаждается или сорбируется. Однако при изменении pH, Eh или механическом воздействии возможна ремобилизация хрома, что требует постоянного мониторинга и контроля загрязнения.

РЕАКЦИИ ХИМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

В.М. Панарин, Е.М. Рылеева, Е.А. Савина, К.С. Соловьева
Тульский государственный университет,
г. Тула

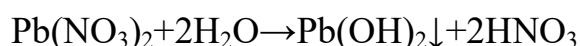
Аннотация. В статье рассмотрены механизмы химических и биохимических превращений солей тяжелых металлов, определяющих их миграцию, зависимость от физико-химических условий (pH, Eh, наличие органических веществ) и влияние на экологическое состояние водоемов. Особое внимание уделено роли микроорганизмов в изменении форм металлов и их аккумуляции в донных отложениях.

Тяжелые металлы (ТМ) попадают в речные системы с промышленными стоками, атмосферными осадками и эрозией почв. Их экологическая опасность зависит не только от общей концентрации, но и от химических форм, определяемых процессами трансформации. В воде металлы могут переходить из растворимых ионов в нерастворимые осадки или образовывать устойчивые комплексы, что влияет на их миграцию и токсичность.

Химическая трансформация солей тяжелых металлов в реках включает ряд процессов, которые влияют на их подвижность, токсичность и биоаккумуляцию. Рассмотрим основные реакции и механизмы.

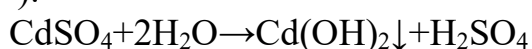
1. Гидролиз – является одним из ключевых процессов, определяющих поведение солей тяжелых металлов (ТМ) в речных водах. Он приводит к образованию гидроксидов, оксигидроксидов и основных солей, влияя на растворимость, миграционную способность и токсичность металлов. В зависимости от pH, ионного состава воды и присутствия комплексообразователей гидролиз может как снижать концентрацию металлов в растворе (за счет осаждения), так и способствовать их стабилизации в коллоидной форме.

- Для свинца (Pb^{2+}):

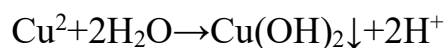


Гидроксид свинца выпадает в осадок, снижая концентрацию металла в воде.

- Для кадмия (Cd^{2+}):



- Для меди:



При повышении pH (>6) медь осаждается, снижая свою биодоступность.

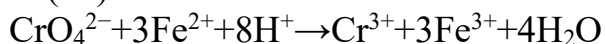
Гидролиз зависит от pH: в кислой среде ($pH < 5$) металлы остаются в растворимой форме, а при нейтральных и щелочных значениях выпадают в осадок. Однако гидроксиды металлов часто нерастворимы и накапливаются в донных отложениях, но при низком pH могут растворяться, возвращая металлы в воду.

2. Окислительно-восстановительные реакции – тяжелые металлы меняют степень окисления под действием кислорода, микроорганизмов или других реагентов. Окислительно-восстановительные (редокс) реакции играют ключевую роль в трансформации тяжелых металлов в водных системах, определяя их химические формы, подвижность и токсичность. Эти процессы особенно значимы в речных экосистемах, где градиенты окислительно-восстановительных условий создаются естественным образом (например, на границе вода-дно) или в результате антропогенного воздействия.

- Ртуть (Hg). В анаэробных условиях бактерии превращают ионы ртути (Hg^{2+}) в токсичную метилртуть (CH_3Hg^+):



- Хром (Cr). Cr(VI) (токсичный) восстанавливается до менее опасного Cr(III):



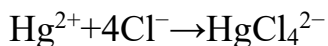
Изменение степени окисления влияет на токсичность и подвижность металлов. Окислительно-восстановительные реакции тяжелых металлов представляют собой сложную систему взаимосвязанных процессов, контролируемых как абиотическими факторами, так и биологической активностью. Понимание этих механизмов необходимо для прогнозирования поведения металлов в речных экосистемах и разработки методов реабилитации загрязненных территорий.

3. Комплексообразование – ключевой процесс, определяющий химическое поведение тяжелых металлов (ТМ) в водных системах. Образование координационных соединений с различными лигандами существенно влияет на растворимость и миграционную способность металлов, их биодоступность и токсичность, скорость осаждения и сорбции.

- С гуминовыми кислотами (природные органические вещества):



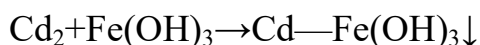
- С хлорид-ионами:



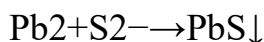
Комплексы могут как снижать токсичность (за счет иммобилизации металлов), так и повышать её (если комплекс растворим). Комплексообразование тяжелых металлов – сложный динамический процесс, определяющий их судьбу в водных экосистемах. Понимание механизмов этого процесса необходимо для оценки экологического риска, прогнозирования поведения металлов и разработки методов очистки вод.

4. Сорбция и осаждение – ключевые процессы, контролирующие распределение тяжелых металлов (ТМ) в водных системах. Эти механизмы снижают концентрацию растворенных форм металлов, определяют их аккумуляцию в донных отложениях, влияют на биодоступность и токсичность. В речных условиях эти процессы происходят на минеральных поверхностях (глины, оксиды железа и марганца), органическом веществе и биологических мембранах (бактерии, водоросли).

- Адсорбция кадмия (Cd^{2+}) на оксидах железа:



- Образование сульфидов в анаэробных условиях:



Снижение концентрации металлов в воде, но риск вторичного загрязнения при изменении условий (например, подкислении). Сорбция и осаждение – ключевые процессы в распределении ТМ в речных экосистемах. Их изучение важно для оценки экологического риска, прогнозирования поведения загрязнителей и разработки методов ремедиации.

5. Биологическая трансформация представляет собой комплекс процессов, в которых живые организмы изменяют химическую форму и свойства тяжелых металлов. Эти процессы играют ключевую роль в биогеохимических циклах металлов, их биодоступности и токсичности, самоочищающей способности водных экосистем.

- Бактерии рода *Geobacter* восстанавливают ионы металлов, например:

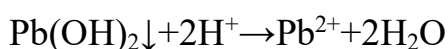


- Фиторемедиация – растения (например, водный гиацинт) поглощают металлы из воды.

Биологическая трансформация металлов представляет собой сложную систему взаимосвязанных процессов, играющих ключевую роль в функционировании водных экосистем. Биоаккумуляция в пищевых цепях повышает риск попадания токсинов в организм человека.

6. Влияние pH. Кислотность среды определяет форму металлов: низкий pH (кислая среда) - металлы остаются в растворимой ионной форме (например, Pb^{2+} , Cd^{2+}); высокий pH (щелочная среда) – образуются нерастворимые гидроксиды ($\text{Pb}(\text{OH})_2$, $\text{Cd}(\text{OH})_2$).

Например, при подкислении воды (например, из-за кислотных дождей) донные отложения могут высвобождать металлы:



Экологическими последствиями являются:

- Долговременное загрязнение: Нерастворимые формы металлов сохраняются в донных отложениях.
- Токсичность: Растворимые ионы металлов (Pb^{2+} , Cd^{2+}) и органические комплексы (метилртуть) опасны для флоры, фауны и человека.
- Биоусиление: Тяжелые металлы накапливаются в тканях организмов, достигая высоких концентраций в верхних звеньях пищевой цепи.

Химическая трансформация солей тяжелых металлов в реках зависит от множества факторов: pH, наличие кислорода, органических веществ и активности микроорганизмов. Понимание этих процессов позволяет прогнозировать риски и разрабатывать методы очистки (например, использование сорбентов, регулирование pH). Однако стойкость некоторых форм металлов требует долгосрочного мониторинга водных экосистем.

В настоящее время выделяют следующие этапы химической трансформации солей тяжелых металлов в поверхностных водных объектах:

1. Первичное поступление и растворение солей. При попадании в речную систему соли тяжелых металлов (сульфаты, хлориды, нитраты) сразу же подвергаются процессу растворения. В водной среде эти соединения диссоциируют на положительно заряженные ионы металлов и отрицательные анионы. Например, сульфат свинца PbSO_4 распадается на ион Pb^{2+} и SO_4^{2-} . Скорость и полнота этого процесса зависят от нескольких факторов: температуры воды, ее ионного состава, наличия других растворенных веществ, которые могут образовывать комплексы с металлами.

2. Гидролиз и образование гидроксосоединений. После диссоциации ионы металлов вступают в реакцию с водой. Этот процесс называется гидролизом и приводит к образованию различных гидроксокомплексов. Например, ион меди Cu^{2+} реагирует с водой, образуя сначала CuOH^+ , а затем может переходить в нерастворимый $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Эти реакции сильно зависят от pH среды.

3. Окислительно-восстановительные превращения. В речной воде, особенно в зонах с разным содержанием кислорода, ионы металлов могут менять свою степень окисления. Например, железо в анаэробных условиях присутствует в форме Fe^{2+} , которое при контакте с кислородом окисляется до Fe^{3+} с последующим образованием нерастворимого $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

4. Комплексообразование с органическими и неорганическими лигандами. Ионы металлов активно взаимодействуют с различными веществами, присутствующими в речной воде, образуя комплексные соединения. С неорганическими лигандами (хлориды, карбонаты, сульфаты) образуются сравнительно непрочные комплексы, существующие преимущественно в кислой среде. Гораздо более устойчивы комплексы с органическими веществами, особенно с гуминовыми и фульвокислотами. Эти природные полимеры образуют с металлами хелатные соединения, где ион металла оказывается «зажатым» между несколькими функциональными группами органической молекулы.

5. Сорбция на частицах и осаждение. Заключительный этап трансформации – переход металлов из растворенного состояния в донные отложения. Это происходит несколькими путями: сорбцией на поверхности глинистых частиц и оксидов железа/марганца, соосаждением с формирующимися гидроксидами, прямым образованием нерастворимых соединений (сульфидов, карбонатов).

Таким образом, трансформация солей тяжелых металлов в реках представляет собой сложный каскад взаимосвязанных химических и биохимических процессов, определяющих в конечном итоге экологическую опасность этих загрязняющих веществ. Понимание этих механизмов крайне важно для прогнозирования последствий загрязнения и разработки эффективных методов очистки водных экосистем.

ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

В.М. Панарин, Е.М. Рылеева, А.И. Горелкина, А.В. Волкова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассмотрены основные механизмы трансформации солей тяжелых металлов в поверхностных водных источниках, описаны процессы, приведены примеры реакций, влияющих на снижение концентрации.

Тяжелые металлы (Pb, Cd, Hg, As и др.) представляют значительную экологическую угрозу из-за их устойчивости в окружающей среде. В отличие от

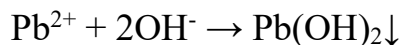
органических загрязнителей, они не разлагаются до безопасных форм, а трансформируются или накапливаются в экосистемах.

Проблема загрязнения водных объектов тяжелыми металлами (ТМ) остается одной из наиболее актуальных в современной экологии. В отличие от органических загрязнителей, они не подвергаются биodeградации и способны накапливаться в экосистемах, представляя долговременную угрозу [1]. Их поведение в водной среде определяется сложным взаимодействием физико-химических процессов, изучение которых требует применения современных методов исследования.

Поскольку тяжелые металлы не разлагаются естественным путем, их концентрация в воде регулируется преимущественно физико-химическими процессами, такими как седиментация, сорбция и химические превращения.

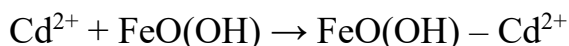
Ниже приведены основные механизмы изменения концентрации ТМ.

1. Седиментация – осаждение частиц металлов на дно водоема. ТМ осаждаются в виде нерастворимых соединений (гидроксидов, карбонатов, сульфидов), например:



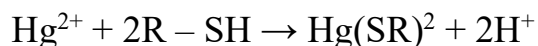
Скорость осаждения зависит от размера частиц и гидродинамики водоема [2].

2. Сорбция – связывание ионов металлов с органическими и неорганическими частицами. Ионы металлов связываются с поверхностью глинистых минералов, оксидов железа или органических коллоидов, например:



Этот процесс особенно важен в водоемах с высоким содержанием взвешенных веществ [3].

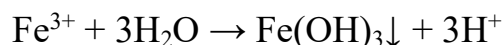
3. Комплексообразование – взаимодействие с лигандами (например, гуминовыми кислотами) с образованием комплексов. ТМ образуют устойчивые комплексы с гуминовыми кислотами и тиолсодержащими соединениями:



Этот процесс может как снижать токсичность (иммобилизация), так и повышать биодоступность (например, для метилртути) [4].

4. Химические превращения – окисление, восстановление, гидролиз, ведущие к изменению формы металла. Химические превращения тяжелых металлов представляют собой сложный комплекс реакций, определяющих их миграционную способность, биодоступность и токсичность в водных экосистемах. Эти процессы можно систематизировать по нескольким ключевым направлениям:

а) Гидролиз и образование гидроксидов – наиболее распространенный тип превращений, особенно значимый для металлов с высокой степенью окисления (Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+}):



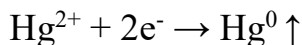
Особенности процесса:

- интенсивность возрастает при $\text{pH} > 5.5$;

- образующиеся гидроксиды часто имеют переменный состав (полиядерные комплексы);

- влияние температуры: ΔT на 10°C увеличивает скорость в 2-3 раза.

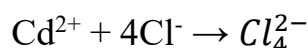
б) *Окислительно-восстановительные трансформации* – критически важны для металлов с переменной степенью окисления:



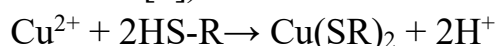
Последствия: переход в летучую элементарную форму.

в) *Реакции комплексообразования* – различают три основных типа:

- с неорганическими лигандами (влияние: повышает растворимость в морских водах)



- с органическими веществами (стабильность комплексов: $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Zn} > \text{Cd}$ [6])



- с гуминовыми кислотами – образование хелатных соединений через карбоксильные и фенольные группы

Эффективность описанных процессов существенно зависит от условий среды. Например, седиментация и сорбция металлов сильно варьируются в зависимости от кислотности воды (pH), окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и содержания органического вещества.

Тяжёлые металлы (Pb, Cd, Hg, As и др.) не разлагаются биологически или химически на безопасные вещества, как органические загрязнители. Их концентрация в воде снижается за счёт физико-химических процессов, которые условно можно описать как время, за которое концентрация металла в водной толще уменьшается вдвое. Основные механизмы представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Основные процессы трансформации тяжелых металлов в водной среде

Процесс	Описание	Пример реакции
Седиментация (осаждение)	Тяжёлые металлы осаждаются в виде нерастворимых соединений на дно водоёма.	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow$ $\text{Pb}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow$
Сорбция	Ионы металлов связываются с частицами глины, органики или оксидами железа.	$\text{Cd}^{2+} + \text{FeO}(\text{OH}) \rightarrow \text{FeO}(\text{OH})^-$ $\text{Cd}^{2+} + \text{FeO}(\text{OH}) \rightarrow \text{FeO}(\text{OH})\text{-Cd}^{2+}$
Комплексообразование	Образование устойчивых комплексов с органическими лигандами (гуминовые кислоты).	$\text{Hg}^{2+} + 2\text{R-SH} \rightarrow \text{Hg}(\text{SR})_2 + 2\text{H}^+$
Гидролиз	Образование гидроксидов или основных солей.	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$
Окислительно-восстановительные реакции	Изменение степени окисления металла (например, Cr(VI) $\rightarrow$ Cr(III)).	$\text{CrO}_4^{2-} + 3\text{Fe}^{2+} + 8\text{H}^+ \rightarrow$ $\rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3\text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$

Скорость и направленность процессов трансформации тяжёлых металлов в водных экосистемах определяются комплексом взаимосвязанных физико-химических факторов. Понимание этих зависимостей имеет принципиальное значение для прогнозирования поведения загрязняющих веществ и разработки эффективных методов очистки. Кисотно-основные характеристики среды являются ключевым параметром, определяющим формы нахождения металлов.

Кислая среда ($\text{pH} < 6$):

- Преобладают свободные гидратированные ионы (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+})
- Ограниченное образование малорастворимых гидроксидов
- Повышенная миграционная способность металлов

Нейтральная среда ($\text{pH} 6\text{--}8$):

- Начинается гидролиз ионов с образованием гидроксокомплексов
- Частичная сорбция на взвешенных частицах

Щелочная среда ($\text{pH} > 8$):

- Интенсивное образование гидроксидов ($\text{Me}(\text{OH})_n \downarrow$)
- Возможен переход некоторых металлов в анионные формы ($\text{Pb}(\text{OH})_3^-$, AsO_4^{3-})
- Усиление сорбционных процессов

В тоже время и органические соединения оказывают двойственное влияние.

а) Комплексообразование:

- Гуминовые и фульвокислоты образуют устойчивые хелатные комплексы;
- Повышение растворимости металлов в широком диапазоне pH. Например: $\text{Cu}^{2+} + \text{гумат} \rightarrow \text{Cu-гуматный комплекс}$.

б) Сорбционные процессы:

- Высокомолекулярные соединения (лигнины, целлюлоза) выступают как природные сорбенты;
- Образование органоминеральных агрегатов с включением металлов.

Окислительно-восстановительные условия (Eh), изменение редокс-потенциала приводит к трансформации металлов, представленных в таблице 2:

Таблица 2

Влияние условий среды на трансформации тяжелых металлов

Условия	Процессы	Примеры
Аэробные ($\text{Eh} > +100 \text{ мВ}$)	Окисление до высших степеней	$\text{As(III)} \rightarrow \text{As(V)}$, $\text{Cr(III)} \rightarrow \text{Cr(VI)}$
Анаэробные ($\text{Eh} < -100 \text{ мВ}$)	Восстановление до элементарных форм	$\text{Hg}^{2+} \rightarrow \text{Hg}^0$, $\text{SeO}_4^{2-} \rightarrow \text{Se}^0$

Особую опасность представляет:

- Метилирование ртути в восстановительных условиях
- Образование летучих металлоорганических соединений

Влияет и ионный состав и солёность, повышенная минерализация воды изменяет поведение металлов:

- а) Комплексообразование с галогенидами:
 - Образование хлоридных комплексов (CdCl^+ , PbCl_3^-);
 - Увеличение миграционной способности.
- б) Конкуренция за сорбционные центры:
 - Катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} снижают сорбцию тяжёлых металлов;
 - Эффект ионной силы раствора.

Комплексный анализ поведения тяжёлых металлов в поверхностных водоёмах показывает, что их трансформация и распределение зависят от множества взаимосвязанных физико-химических процессов. Основными механизмами снижения их концентрации являются седиментация, сорбция, комплексообразование и химические превращения (гидролиз, окисление и восстановление). Эти процессы регулируются такими факторами, как кислотность (pH), окислительно-восстановительный потенциал (Eh), содержание органических веществ, солевой состав и температура.

Дополнительно, важную роль играет способность металлов к комплексообразованию как с неорганическими, так и с органическими лигандами. Это может как уменьшать токсичность за счёт иммобилизации, так и увеличивать биодоступность в виде растворимых и подвижных форм.

Представленные процессы и условия среды позволяют систематизировать механизмы трансформации тяжёлых металлов и предсказывать их поведение в конкретных гидрохимических условиях. Эти знания критически важны для оценки экологических рисков, разработки мероприятий по предотвращению загрязнений и выбору технологий очистки загрязнённых водоёмов. Эффективное управление качеством водных ресурсов возможно только при учёте всей совокупности описанных факторов.

Список литературы

1. Перельман А.И. *Геохимия ландшафтов* / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. – М.: Аспект Пресс, 2018. – 576 с;
2. Сает Ю.Е. *Геохимия окружающей среды* / Ю.Е. Сает [и др.]. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
3. Варшал Г.М. Сорбционные методы очистки вод от тяжёлых металлов / Г.М. Варшал [и др.] // *Журнал прикладной химии*. – 2021. – Т. 94, № 3. – С. 345-356.
4. Ильяшенко Н.Г. *Комплексообразование тяжёлых металлов в природных водах* / Н.Г. Ильяшенко. – М.: Наука, 2005. – 210 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ СИСТЕМАХ

В.М. Панарин, Е.М. Рылеева, А.И. Горелкина, А.В. Волкова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассматривается моделирование миграции тяжёлых металлов в водных системах на основе кинетического подхода, включающего процессы седиментации, сорбции, ремобилизации и биологического поглощения.*

Загрязнение водных объектов тяжёлыми металлами представляет серьёзную экологическую угрозу, особенно в регионах с развитой промышленностью и неэффективной системой очистки сточных вод. Такие элементы, как свинец, кадмий, ртуть и медь, обладают высокой стойкостью и способностью накапливаться в живых организмах, нарушая водные трофические цепи и представляя опасность для здоровья человека. Их поведение в природных условиях регулируется сложными физико-химическими и биогеохимическими процессами, поэтому для прогнозирования и контроля загрязнения необходим комплексный научный подход.

Одним из эффективных инструментов анализа и управления загрязнением является математическое моделирование. Кинетические модели миграции тяжёлых металлов позволяют учитывать ключевые процессы: осаждение из водной фазы, сорбцию на частицах, последующую ремобилизацию в изменённых условиях и биоаккумуляцию. Такие модели применимы для оценки риска вторичного загрязнения, особенно в случаях, когда ранее осевшие металлы могут вновь поступать в водную толщу. В настоящей работе рассматривается структура кинетической модели, особенности ремобилизации металлов, а также практические меры стабилизации и очистки водных систем.

Для прогнозирования динамики концентрации тяжёлых металлов в водных объектах применяется система дифференциальных уравнений, учитывающая основные процессы трансформации (Кинетическая модель трансформации металлов):

$$\begin{aligned} dC_w/dt &= -(k_{sed} + k_{sorb})C_w + k_{remob}C_{sed} - k_{bio}C_w dtdC_w \\ &= -(k_{sed} + k_{sorb})C_w + k_{remob}C_{sed} - k_{bio}C_w \end{aligned}$$

где:

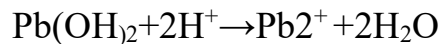
- C_w - концентрация металла в водной фазе (мкг/л);
- C_{sed} - концентрация в донных отложениях (мкг/г);
- k_{sed} - константа скорости седиментации (сут⁻¹);
- k_{sorb} - константа сорбции (сут⁻¹);
- k_{remob} - константа ремобилизации (сут⁻¹);
- k_{bio} - константа биологического поглощения (сут⁻¹).

Параметры модели определяются экспериментально для конкретных условий:

- $k_{sed}=0.05-0.5$ сут⁻¹ для рек с высокой мутностью;
- $k_{sorb}=0.01-0.1$ сут⁻¹ в зависимости от содержания глинистых частиц;
- $k_{remob}=10^{-4}-10^{-2}$ сут⁻¹.

Однако даже после осаждения металлы могут вновь попадать в водную толщу при изменении условий (например, при снижении рН или анаэробных процессах). Рассмотрим основные механизмы ремобилизации.

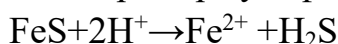
1. Основной механизм возврата металлов в водную толщу – кислотное растворение (при снижении $\text{pH} < 5$ происходит растворение гидроксидов и карбонатов), например:



Пороговые значения кислотности воды, при которых происходит ремобилизация тяжёлых металлов, различаются в зависимости от их химических свойств. Так, для свинца критическим значением рН считается диапазон от 5.5 до 6.0: при снижении ниже этого уровня начинается растворение соединений свинца, ранее находившихся в осадке. Кадмий начинает высвобождаться при рН в диапазоне 4.5–5.0, а медь становится подвижной при ещё более кислых условиях – рН около 4.0–4.5. Таким образом, даже незначительное закисление среды может спровоцировать высвобождение опасных форм металлов в водную толщу

2. Анаэробные процессы. В восстановительных условиях ($E_h < -100 \text{ мВ}$) происходит:

- Разложение сульфидов, например сульфида железа.



- Восстановление металлов до подвижных форм

3. Физическое воздействие:

- Дноуглубительные работы;
- Турбулентное перемешивание;
- Биотурбация донных организмов.

Для количественной оценки интенсивности ремобилизационных процессов в модель включаются значения коэффициента ремобилизации, отражающего скорость перехода металлов из донных отложений обратно в водную фазу. Значения этого параметра зависят как от природы металла, так и от преобладающего механизма его высвобождения (кислотное растворение, комплексообразование, метилирование и др.). В таблице представлены типовые диапазоны для ряда приоритетных загрязнителей и соответствующие основные механизмы ремобилизации.

Коэффициенты ремобилизации металлов

Металл	Диапазон <i>kremob</i> (сут^{-1})	Основной механизм
Pb	0.001-0.005	Кислотное растворение
Cd	0.003-0.01	Комплексообразование
Hg	0.0001-0.001	Метилирование

Учитывая возможность вторичного загрязнения, важно применять методы мониторинга и биоремедиации, направленные на долгосрочную стабилизацию

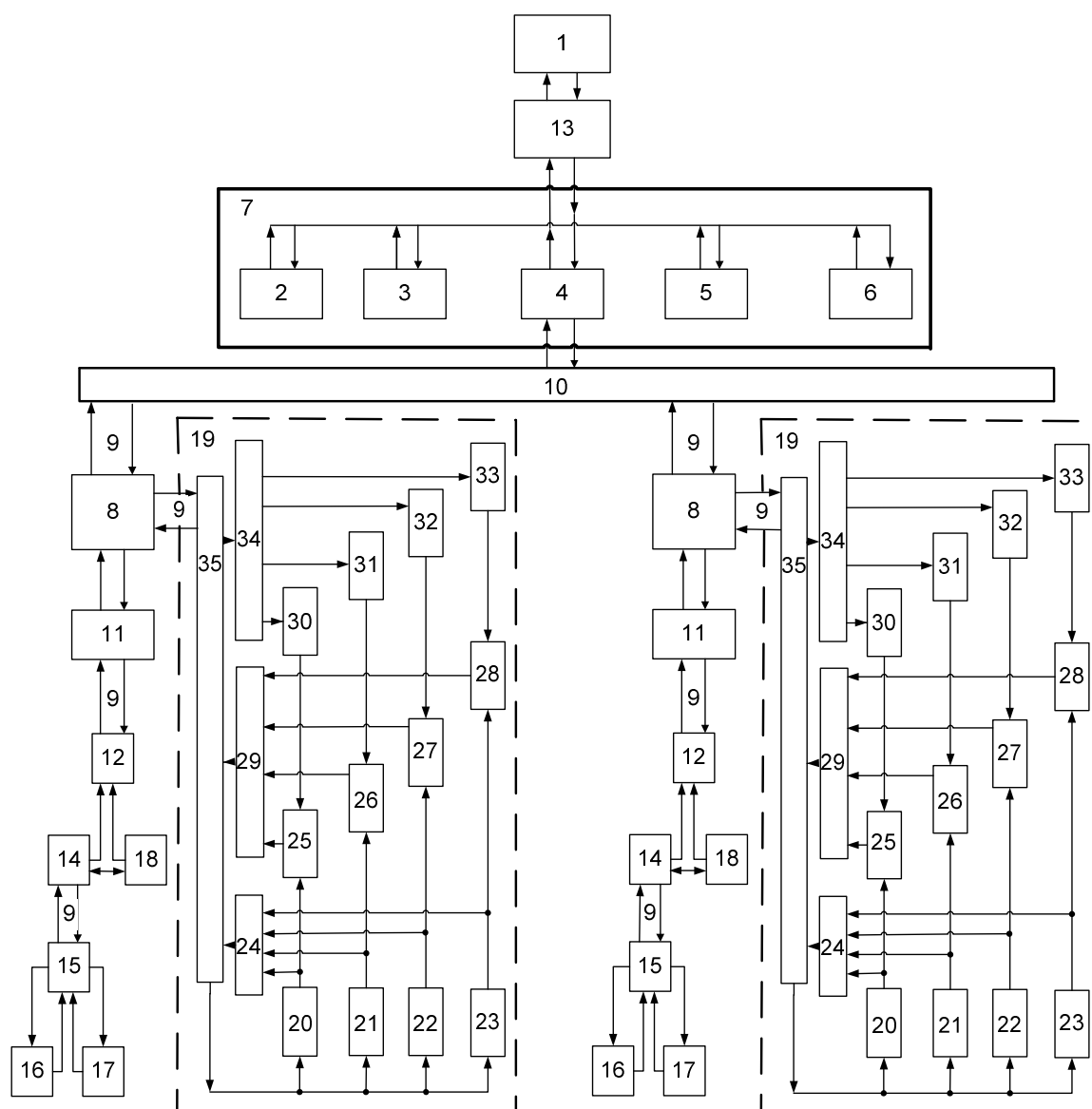
металлов в донных отложениях. Например, специалистами кафедры ОТиОС разработана «Автоматизированная система мониторинга загрязнения водных объектов стоками промышленных предприятий» (Патент на изобретение RU 2818532) [6].

Задачей изобретения является расширение технологических возможностей системы, путем создания автоматизированного контроля и мониторинга качества поверхностных водных объектов вблизи выпусков промышленных сточных вод, что гарантирует оперативное реагирование и своевременное принятие управленческих решений при возрастании значений контролируемых параметров до уровня или выше уровня предельно-допустимых концентраций.

Автоматизированная система мониторинга загрязнения водных объектов стоками промышленных предприятий (рисунок) работает следующим образом.

От центра пользователей, который может быть выполнен, например, в виде компьютера, запрос поступает в центр мониторинга геоинформационной системы мониторинга экологических рисков, включающий базу геоданных и базу метаданных, средства отображения и документирования, центр локального мониторинга, прикладное программное обеспечение, системное программное обеспечение через каналы связи, например, опτικο-волоконная связь, интернет или радиосвязь. Центр локального мониторинга, который может быть выполнен в виде стационарного компьютера или ноутбука подключает базу метаданных и геопространственных данных, выполненных в виде цифровых карт с указанием, характеристик и адресов специализированных данных. Далее через сервер архива базы данных локальных систем мониторинга, в зависимости от запроса потребителя, подключаются локальные системы мониторинга экологических рисков, либо все сразу, либо только на интересующих потребителя участках, которые с помощью переключателя, подключенного к датчикам контроля уровня воды в открытых водоемах и сумматора, соединенного с блоком прогноза, подключенного к датчику температуры воды и датчику температуры воздуха, выдают на сервер архива базы данных локальных систем мониторинга требуемую информацию по паводковой обстановке, которая далее поступает в центр локального мониторинга, где обрабатываются и анализируются полученные данные.

Затем центр локального мониторинга подключает средства отображения и документирования, выполненные в виде, например, принтеров, дисплеев, записывающих или запоминающих устройств, и, отправляет полученные результаты в центр пользователей, который оперативно передает полученные данные в блок принятия решений при ЧС и анализирует сложившуюся обстановку и, в зависимости от величины угрозы наступления паводка или наводнения, вырабатывает управленческие решения по контролю за гидроэнергетическими ресурсами (сброс лишней воды из водохранилища), эвакуации населения из населенных пунктов и т.п. При поступлении от датчиков контроля уровня воды в открытых водоемах сигнала о поднятии уровня воды, блок ранжирования в зависимости от характеристик поступившего сигнала либо бездействует, либо извещает центр локального мониторинга.



Автоматизированная система моделирования загрязнения водных объектов стоками промышленных предприятий, где 1 - центр пользователей; 2 - база метаданных; 3 - средства отображения и документирования; 4 - центр локального мониторинга; 5 - прикладное программное обеспечение; 6 - системное программное обеспечение; 7 - центр мониторинга геоинформационной системы мониторинга экологических рисков; 8 - блоки локальных систем мониторинга экологических рисков; 9 - каналы связи; 10 - сервер архива базы данных локальных систем мониторинга; 11 - блоки ранжирования; 12 - переключатели; 13 - блок принятия решений при ЧС; 14 - сумматоры; 15 - блок прогноза; 16 - датчик температуры воды; 17 - датчик температуры воздуха; 18 - датчик уровня воды; 19 - центр анализа загрязнения водного объекта; 20 - датчики измерения рН; 21 - датчик измерения мутности; 22 - датчик измерения электропроводности; 23 - оптические датчики измерения растворенного кислорода; 24 - коммутаторы датчиков; 25 - блок сравнения значений рН; 26 - блок сравнения значений мутности; 27 - блок сравнения значений электропроводности; 28 - блок сравнения значений растворенного кислорода; 29 - блок фиксации превышений предельно допустимых значений; 30 - задатчик контроля критического значения рН; 31 - задатчик контроля критического значения мутности; 32 - задатчик контроля критического значения электропроводности; 33 - задатчик контроля критического значения растворенного кислорода; 34 - задатчик контроля критического значения рН, мутности, электропроводности и растворенного кислорода; 35 - контроллер загрязнения

Локальные системы мониторинга экологических рисков устанавливают, например, в местах, где расположены отметки верхнего и нижнего уровня воды в открытых водоемах (например, отметки верхнего и нижнего бассейна гидроэлектростанции), населенных пунктах, подверженных затоплению и с высокой паводковой опасностью. В этом случае центр мониторинга геоинформационной системы мониторинга экологических рисков позволит оперативно извещать аварийные службы, оперативный персонал гидроэлектростанции, население о надвигающихся паводках и наводнениях и времени их появления.

Данные замеров датчиков измерения рН, датчиков измерения мутности, датчиков измерения электропроводности, оптических датчиков измерения растворенного кислорода центра анализа загрязнения водного объекта с заданной периодичностью одновременно поступают:

1. в блоки сравнения значений рН, блоки сравнения значений мутности, блоки сравнения значений электропроводности, блоки сравнения значений растворенного кислорода для сравнения измеренных параметров с заданными в задатчик контроля критического значения рН, задатчиках контроля критического значения мутности, задатчиках контроля критического значения электропроводности, задатчиках контроля критического значения растворенного кислорода, которые связаны с блоком установки предельно допустимых значений на задатчиках контроля критического значения рН, мутности, электропроводности и растворенного кислорода, регулирующим изменение критических значений анализируемых параметров;

2. на коммутаторы датчиков для преобразования и распределения пространственно-разделенных сигналов, а также для формирования сложных сигналов специальной формы.

Если значения анализируемых параметров, измеренных датчиками измерения рН, датчиками измерения мутности, датчиками измерения электропроводности, оптическими датчиками измерения растворенного кислорода не превышают заданных в задатчиках контроля критического значения рН, задатчиках контроля критического значения мутности, задатчиках контроля критического значения электропроводности, задатчиках контроля критического значения растворенного кислорода предельно допустимых значений, работа центра анализа загрязнения водного объекта ведется в установленном режиме.

Если блоками сравнения значений рН, блоками сравнения значений мутности, блоками сравнения значений электропроводности, блоками сравнения значений растворенного кислорода выявляются превышения заданных в задатчиках контроля критического значения рН, задатчиках контроля критического значения мутности, задатчиках контроля критического значения электропроводности, задатчиках контроля критического значения растворенного кислорода критических значений анализируемых параметров, сигнал поступает на блоки фиксации превышений предельно допустимых значений и далее данные замеров передаются в контроллеры загрязнения, которые отправляют сигнал о внеочередном сеансе замеров на датчики измерения рН, датчики

измерения мутности, датчики измерения электропроводности, оптические датчики измерения растворенного кислорода.

Использование автоматизированной системы мониторинга загрязнения водных объектов позволит обеспечить автоматический контроль за качественным и количественным составом поверхностных вод, что гарантирует оперативное реагирование и своевременное принятие управленческих решений при превышении заданных критических значений контролируемых параметров вблизи выпусков промышленных сточных вод, а так же даст возможность прогнозировать изменение уровня воды в зависимости от ее температуры и температуры воздуха, учитывать гидрогеологический фактор при проведении исследований экологических рисков и своевременно определять наличие паводковой опасности, оповещать аварийные службы, сохранять и анализировать базу данных по паводкам и наводнениям на сервере архива, моделировать и прогнозировать возможные последствия загрязнения водных объектов, возникновения паводков и наводнений в экологических системах и определять их стабильность.

Практические методы управления миграцией металлов включают:

1. Организацию системы мониторинга. Рекомендуемый минимальный набор контролируемых параметров:

- Физико-химические показатели (рН, Eh (ежедневно); мутность, содержание взвеси (еженедельно));
- Химический анализ (формы металлов (1 раз в месяц); содержание органического вещества).

2. Биоремедиационные технологии

Биоремедиация – это экологически безопасный и экономически эффективный способ удаления тяжёлых металлов с использованием живых организмов. Среди перспективных подходов – использование водных и прибрежных растений-гипераккумуляторов, способных избирательно накапливать определённые металлы в высокой концентрации.

Наиболее результативными водными видами являются:

- *Eichhornia crassipes* (водяной гиацинт) – активно накапливает свинец и кадмий, отличается высокой скоростью роста и способностью адаптироваться к различным условиям.
- *Lemna minor* (ряска малая) – эффективна при удалении меди и цинка, может использоваться в системах проточной или стоячей воды.

Прибрежные растения:

- *Phragmites australis* (тростник обыкновенный) способен накапливать до 1500 мг свинца на 1 кг сухой массы.
- *Typha latifolia* (рогоз широколистный) показывает высокую эффективность в извлечении ртути и мышьяка.

Растения можно высаживать в зонах накопления осадков, использовать в плавучих платформах или в сочетании с другими методами (например, с фильтрацией или гравийными подложками). Биомасса, собравшая металл, подлежит утилизации с соблюдением требований обращения с опасными отходами.

3. Химическая иммобилизация

Химическая иммобилизация направлена на перевод тяжёлых металлов в нерастворимые и биологически недоступные формы. Это достигается внесением реагентов, взаимодействующих с металлами и формирующих труднорастворимые соединения, устойчивые к вымыванию и ремобилизации.

Основные реагенты:

- *Карбонат кальция (CaCO_3)* – применяется для нейтрализации кислых условий, при которых происходит растворение осадков металлов. Внесение 2-5 кг/м³ повышает pH и стабилизирует гидроксиды и карбонаты металлов.
- *Сульфид натрия (Na_2S)* – способствует осаждению металлов в виде сульфидов, особенно эффективно для ртути, меди и цинка. Рекомендуемая дозировка – 0.1-0.5 моль/м³.
- *Двойной суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$* – используется для фосфатной фиксации металлов, в том числе свинца и кадмия, с образованием фосфатов, малоподвижных в природных условиях.

Выбор метода и дозировки реагентов зависит от геохимических характеристик донных отложений и состава загрязнения. Для точного расчёта дозировок и оценки долгосрочной эффективности применяются программные комплексы PHREEQC, WASP и аналогичные геохимические модели.

Понимание механизмов миграции и трансформации тяжёлых металлов в водных системах критически важно для разработки эффективных стратегий мониторинга и рекультивации. Кинетические модели, включающие процессы седиментации, сорбции, ремобилизации и биопоглощения, позволяют не только описывать поведение загрязнителей, но и прогнозировать потенциальные риски вторичного загрязнения. Особое внимание следует уделять условиям, способным активировать ремобилизацию – снижению pH, восстановительным процессам и физическим воздействиям на донные отложения.

Комплексные подходы, включающие биоремедиационные технологии, химическую стабилизацию и регулярный мониторинг, обеспечивают устойчивое снижение миграционной активности металлов и минимизацию их воздействия на экосистему. Результаты моделирования и практические меры, рассмотренные в данной работе, могут служить основой для оптимизации природоохранных мероприятий и разработки нормативов по охране водных объектов.

Список литературы

1. Варшал Г.М. *Комплексообразование металлов с природными органическими лигандами* / Г.М. Варшал [и др.]. – М.: Наука, 2003. – 412 с.
2. Brown P.A. *Environmental Science & Technology* / P.A. Brown [et al.]. – 2000. – V.34. – P.4267-4272.
3. Tipping E. *Aquatic Sciences* / E. Tipping [et al.]. – 2002. – V.64. – P.245-258.
4. Шестакова Т.В. *Сорбционные процессы в природных водах* / Т.В. Шестакова. – СПб.: Гидрометеиздат, 2010. – 184 с.
5. Шестакова Т.В. *Гидрохимия тяжелых металлов* / Т.В. Шестакова. – М.: Наука, 2018. – 276 с.

6. Панарин В.М. Автоматизированная система мониторинга загрязнения водных объектов стоками промышленных предприятий / В.М. Панарин, Е.М. Рылеева, Е.В. Сергеева, М.Д. Маградзе // Патент на изобретение RU 2818532 C1, 02.05.2024. Заявка от 29.08.2023.

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ РАЗЛОЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

В.М. Панарин, Е.М. Рылеева, А.В. Волкова, А.И. Горелкина
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассматриваются химические процессы разложения загрязняющих веществ в поверхностных водоёмах, проанализированы факторы, влияющие на скорость разложения, и приведены примеры образования вторичных токсичных соединений.*

Загрязнение водных объектов – это одна из самых актуальных проблем современной экологии. Основными типами загрязняющих веществ являются органические (нефтепродукты, пестициды) и неорганические (тяжелые металлы, нитраты). Эти вещества могут подвергаться различным процессам разложения, в зависимости от их химической природы. Разложение загрязняющих веществ в водной среде происходит под воздействием физических, химических и биологических факторов. Эффективность этих процессов зависит от природы загрязнителя, условий окружающей среды и участия биоты.

Загрязняющие вещества, попадающие в водную среду, можно классифицировать на три основные группы: органические, неорганические и синтетические соединения (таблица). Каждый тип отличается по химической природе, способам разложения и экологической опасности.

1. Органические загрязнители включают в себя углеводороды (нефтепродукты, ПАУ), фенолы, спирты, альдегиды, а также пестициды и удобрения. Они преимущественно разлагаются за счёт биохимических процессов – в первую очередь, биodeградации. Этот процесс обеспечивается действием ферментов микроорганизмов, окисляющих органику до CO_2 и H_2O . Также важны фотохимические реакции, в которых ультрафиолетовое излучение разрушает молекулярные связи в загрязнителях. Гидролиз – третий механизм, особенно значим для соединений с нестабильными химическими связями, как у органофосфатов.

2. Неорганические загрязнители включают ионы тяжёлых металлов (Hg^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}), нитраты, нитриты, аммиак, фосфаты. Эти вещества вступают в окислительно-восстановительные реакции, адсорбируются на частицах грунта и выпадают в осадок в виде малорастворимых солей. Например, металлы могут связываться с карбонатами или сульфидами, образуя осадки.

3. Синтетические загрязнители – это устойчивые к биodeградации соединения, часто плохо поддающиеся разложению. К ним относятся

фармацевтические препараты, микропластик, поверхностно-активные вещества. Они могут подвергаться частичной фотодеструкции, сорбции, а также медленному биоразложению.

Примеры типов загрязнителей и их основные процессы разложения

Типы загрязнителя	Примеры	Основные процессы разложения
Органические	Нефтепродукты, пестициды, ПАУ, фенолы	Биодеградация, фотолиз, гидролиз, окисление
Неорганические	Тяжелые металлы, нитраты, цианиды	Окислительно-восстановительные реакции, сорбция, осаждение
Синтетические	Лекарственные препараты, микропластик	Фотодеградация, биоразложение (частично), физическая фильтрация

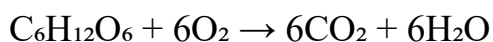
Процессы разложения могут протекать как изолированно, так и в комплексе, в зависимости от условий среды (рН, температура, наличие кислорода, солнечное освещение). Эти реакции могут приводить к полной минерализации загрязнителей, образованию менее токсичных или, наоборот, более опасных соединений.

Органические соединения, такие как углеводороды и пестициды, подвергаются, в первую очередь, биологическому разложению, а также фотохимическому распаду и гидролизу. Неорганические вещества чаще вовлекаются в процессы окисления, восстановления, а также могут выпадать в осадок или адсорбироваться на минеральных частицах. Опишем основные химические реакции разложения:

1. Биодеградация (биохимическое окисление).

Биодеградация – это процесс разрушения органических соединений под действием микроорганизмов. Органические вещества окисляются до CO_2 и H_2O . В зависимости от наличия кислорода различают аэробные и анаэробные условия.

Аэробная деградация (при наличии кислорода). Пример: разложение глюкозы при участии бактерий.



Аэробные процессы обеспечивают полное окисление углеродсодержащих соединений. Они происходят с высокой скоростью при достаточном уровне кислорода, особенно в поверхностных слоях воды. Микроорганизмы используют органику как источник энергии и углерода.

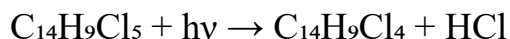
Анаэробная деградация (без кислорода). Процессы брожения, метаногенеза, сульфатредукции. Пример: разложение фенола в бескислородной среде.



Анаэробные процессы менее эффективны, но важны в донных отложениях и загрязнённых зонах с низким содержанием кислорода. Они сопровождаются образованием промежуточных веществ – метана, сероводорода и органических кислот, что может приводить к вторичному загрязнению среды.

2. Фотолиз.

Фотолиз – это разрушение молекул под действием ультрафиолетового излучения. Пример: разложение пестицида ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан).



Механизм фотолиза включает поглощение фотона ($h\nu$), который возбуждает молекулу и приводит к разрыву химических связей, чаще всего – C–Cl, C–C или C–N. Этот процесс особенно активен на мелководье и в прозрачной воде, где ультрафиолет может проникать в достаточной степени. Для многих пестицидов фотолиз – основной путь разрушения при солнечном освещении.

3. Гидролиз.

Гидролиз – это химическая реакция вещества с водой. Особенно активно протекает при экстремальных значениях pH. Пример: гидролиз пестицида паратиона.



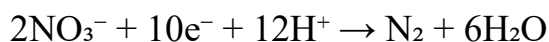
Гидролиз может быть кислотным или щелочным, в зависимости от среды. Многие органофосфатные соединения нестабильны в водной среде и распадаются на токсичные или менее опасные продукты. Скорость гидролиза возрастает при повышенной температуре и экстремальных значениях pH.

4. Окислительно-восстановительные реакции.

Окисление: процесс нитрификации – превращение аммония в нитраты.



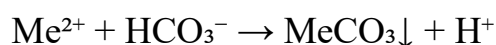
Восстановление: денитрификация – восстановление нитратов до молекулярного азота.



Эти процессы являются частью естественного круговорота азота. Нитрификация протекает с участием хемосинтетических бактерий (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*), тогда как денитрификация осуществляется анаэробными бактериями (*Pseudomonas*, *Paracoccus*) в условиях дефицита кислорода. Эти реакции критически важны для удаления избыточного азота из водоёмов.

5. Сорбция и осаждение

Тяжёлые металлы связываются с частицами донных отложений и осаждаются. Пример: осаждение карбонатов металлов.



Процессы сорбции зависят от физико-химических свойств воды – уровня pH, содержания органических веществ, ила, минералов. Металлы могут прочно связываться с глинистыми частицами или органическими соединениями, что

снижает их подвижность. Однако при изменении условий среды возможен десорбционный эффект – повторное поступление загрязнителей в раствор.

Основные факторы, влияющие на скорость разложения:

1. Температура – с повышением температуры ускоряются как биохимические, так и химические реакции.

2. pH среды – влияет на скорость гидролиза, растворимость веществ и активность микроорганизмов (кислая среда ускоряет гидролиз органофосфорных пестицидов; щелочная среда способствует осаждению металлов).

3. Наличие кислорода – определяет, будут ли преобладать аэробные или анаэробные процессы.

4. Концентрация загрязнителя – высокие концентрации могут быть токсичны для микроорганизмов.

5. Солнечное излучение – влияет на интенсивность фотоллиза.

6. Антропогенные факторы – сброс сточных вод, изменение русла рек, дноуглубление могут нарушить естественные процессы разложения.

В качестве примера опишем некоторые процессы разложения, которые могут приводить к образованию более токсичных соединений:

- Метилирование ртути (под действием бактерий).



- Образование нитрозаминов (взаимодействие нитратов с органическими аминами может привести к образованию канцерогенных нитрозаминов).

Для оценки скорости распада загрязняющих веществ применяются кинетические модели.

1. Модель первого порядка:

$$C(t) = C^0 \times e^{-kt}$$

где:

- $C(t)$ – концентрация вещества в момент времени t ,
- C_0 – начальная концентрация,
- k – константа скорости,
- t – время.

2. Сложные модели:

Для ряда веществ (например, нефтепродуктов) применяются модели, учитывающие сразу несколько процессов (одновременное испарение и биоразложение):

$$\frac{dC}{dt} = -k_1C - k_2C^2$$

Понимание механизмов разложения загрязняющих веществ важно при:

1. Проектировании систем водоочистки, в частности аэрационных установок и биофильтров.

2. Биоремедиации – внесении специализированных бактерий для ускорения деградации нефтепродуктов.

3. Оценке экологических рисков – расчёте времени полураспада веществ, прогнозировании токсичности вторичных продуктов.

Список литературы

1. Химия загрязняющих веществ в водных экосистемах / под ред. М.П. Гаврилова. – М.: Академия, 2019.
2. Рогов А.А. Экологическая химия водных систем / А.А. Рогов. – М.: Наука, 2020.
3. Орлова Т.Н. Химия природных и промышленных вод / Т.Н. Орлова. – ЯрГУ им. П.Г. Демидова.
4. Журавлева Н.В. Окислительно-восстановительные реакции в экологии / Н.В. Журавлева, А.И. Лосева. – М.: Высшая школа, 2018.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РИСКОВ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

В.М. Панарин, Е.М. Рылеева, А.В. Волкова, А.И. Горелкина
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассмотрены методы прогнозирования экологических рисков на основе оценки времени полураспада токсичных веществ в поверхностных водах, приведено определение времени полураспада, выявлены ключевые физико-химические и биологические факторы, влияющие на скорость снижения концентрации загрязняющих веществ.*

Оценка времени снижения концентрации токсичных веществ в водной среде – важный элемент экологического анализа и управления рисками. В условиях Тульской области, где поверхностные воды подвержены воздействию как промышленных, так и сельскохозяйственных загрязнений, знание того, как долго сохраняются определённые соединения в водоёмах, критично для принятия решений в области охраны окружающей среды.

Время полураспада ($t_{1/2}$) – это период, за который концентрация вещества в среде снижается наполовину под действием химических, биологических или физических процессов. Для большинства загрязнителей оно определяется по кинетике первого порядка и рассчитывается по формуле:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k},$$

где k — константа скорости разложения.

Это значение позволяет спрогнозировать, насколько долго вещество будет сохраняться в воде и когда его концентрация опустится ниже предельно допустимой (ПДК). Вещество со значением $t_{1/2}$ в несколько дней считается легкоразлагаемым, тогда как стойкие соединения могут сохраняться в течение нескольких лет или даже десятилетий.

Скорость разложения веществ в водной среде зависит от множества условий (таблица 1). Органические соединения, такие как пестициды и нефтепродукты, подвержены гидролизу, фотолизу и биодеструкции.

Гидролиз – это реакция вещества с водой, при которой молекула разрушается на более простые соединения. Он особенно характерен для соединений, содержащих легко гидролизующиеся группы, например, сложные эфиры или галогензамещённые органические вещества.

Фотолиз – разрушение молекул под действием солнечного ультрафиолетового излучения. Это особенно актуально для поверхностных вод в летний период, когда солнечная активность максимальна.

Биодеструкция – расщепление загрязнителя под действием микроорганизмов, таких как бактерии, грибы или водоросли. Этот процесс требует определённых условий – наличие кислорода, доступность субстрата и подходящий температурный режим.

Таблица 1

Факторы, влияющие на скорость разложения веществ

Фактор	Влияние
Тип вещества (<i>органические соединения</i> подвергаются биологическому и фотохимическому разложению, в то время как <i>тяжёлые металлы</i> не разрушаются, а переходят из одной формы в другую (например, из растворённой в донные отложения))	Органика (пестициды, нефть) разлагается быстрее, чем тяжёлые металлы (Pb, Hg)
Температура воды (это объясняется активизацией ферментативных систем у микроорганизмов, участвующих в разложении. В холодной воде (<10 °C) многие процессы идут в 2-3 раза медленнее)	Повышение температуры ускоряет биохимические реакции (например, k увеличивается на 2-5% на 1°C)
Наличие кислорода (кислород необходим для метаболизма большинства бактерий-деструкторов. Без него возможны лишь анаэробные процессы, которые гораздо менее эффективны. Например, в стоячих, заиленных водоёмах разложение почти останавливается.)	В аэробных условиях разложения многих органических веществ происходит быстрее
pH среда (например, при pH выше 8 ускоряется гидролиз карбаматов, а при pH ниже 6 замедляется распад большинства гербицидов. Также уровень pH влияет на ионную форму вещества, что определяет его биодоступность.)	Кислотность влияет на гидролиз и окисление (например, щелочная среда ускоряет разложение фосфорорганических пестицидов).
Солнечное излучение (например, в летний период при ясной погоде концентрация бензапирена в воде может снижаться в 3-4 раза быстрее, чем в пасмурную погоду.)	УФ-лучи запускают фотолиз (например, для ПАУ $t_{1/2}$ сокращается в 2-3 раза при интенсивном освещении)
Биологическая активность (в прудах и реках с высоким содержанием органики и биомассы разложение происходит быстрее. Активность зависит от температуры, содержания кислорода, pH и наличия питательных веществ.)	Наличие микроорганизмов-деструктор снижает $t_{1/2}$ (например, для нефтепродуктов с биоремедиацией $t_{1/2} = 10-30$ $t_{1/2} = 10-30$ дней, без нее – годы)

Высокие температуры способствуют ускорению реакций, особенно биологических: каждое повышение на 10 °С может увеличивать скорость в 2-3 раза. Это связано с тем, что ферментативные реакции, лежащие в основе биодеструкции, подчиняются правилу Вант-Гоффа. При температуре ниже 5 °С многие микроорганизмы становятся менее активными или переходят в спящее состояние, что замедляет разрушение соединений.

Аэробные условия критичны для многих процессов, так как кислород необходим для метаболизма микроорганизмов-деструкторов. В отсутствие кислорода (в анаэробных условиях), разложение замедляется, а для некоторых соединений полностью прекращается. Например, нефтепродукты, особенно тяжёлые фракции, плохо разлагаются без доступа кислорода.

Также важен pH: щелочная среда ускоряет разложение некоторых химикатов, таких как фосфорорганические пестициды. Уровень кислотности влияет на активность ферментов и стабильность химических связей. В кислой среде ускоряется распад некоторых металлоорганических соединений, но может замедляться биологическая активность.

Под действием солнечного ультрафиолета возможен фотолиз – особенно важный для поверхностных вод. Интенсивность УФ-излучения зависит от времени года, широты и прозрачности воды. В мутных водоёмах фотолиз ограничен глубиной проникновения света, а в прозрачных озёрах он может охватывать значительный объём водной толщи.

Биологическая активность водоёма значительно влияет на $t_{1/2}$: при наличии активной микрофлоры разложение ускоряется, как, например, при биоремедиации нефтепродуктов, где $t_{1/2}$ сокращается с нескольких лет до нескольких недель. Биоремедиация предполагает искусственное стимулирование разложения: добавление специализированных бактерий-деструкторов, аэрирование (обогащение кислородом), внесение питательных веществ. Это активно используется при очистке после аварийных разливов нефтепродуктов.

Для определения $t_{1/2}$ используются как экспериментальные, так и моделируемые подходы. В лабораторных исследованиях вещество инкубируют в водной среде при строго контролируемых параметрах – температуре, освещённости, уровне pH. Такие опыты позволяют получить надёжные данные, но ограничены масштабом. Полевые измерения проводятся с использованием датчиков или регулярного отбора проб в реальных условиях, что обеспечивает более реалистичную оценку, но требует времени и ресурсов.

Моделирование включает применение кинетических уравнений и программных инструментов. Например, при известной скорости разложения (k) можно вычислить $t_{1/2}$. Если для вещества

$k = 0.05 \text{ день}^{-1}$, то $t_{1/2} \approx 14$ дней. Используются также специализированные программы, такие как EPI Suite от EPA, которые оценивают поведение вещества на основе его структуры. QSPR-модели позволяют предсказывать скорость разложения по физико-химическим свойствам молекулы.

Примеры времени полураспада для загрязнителей

Для разных веществ и условий время полураспада может отличаться на порядки, примеры представлены в таблице 2.

Таблица 2

Примеры полураспада для разных веществ

Загрязнитель	Условия	$t_{1/2}$
Нефтепродукты	Аэробные, 20°C	10-60 дней
ДДТ	Вода, солнечный свет	2-15 лет
Кадмий (Cd)	Нейтральный pH, донные отложения	10-30 лет (накопления)
Фенол	Аэробные условия, 25°C	2-7 дней
Метилртуть (CH_3Hg^+)	Водная толща	Десятки лет
Атразин (пестицид)	Типичный пример, $k = 0,05 \text{ день}^{-1}$	~14 дней

Понимание динамики снижения концентрации позволяет рассчитывать остаточные уровни загрязнителей по формуле $C_{\text{ост}} = C_0 \cdot e^{-kt}$. Это критически важно для сравнения с ПДК и оценки риска. Например, при $t_{1/2} = 30$ дней через 90 дней останется 1/8 исходной концентрации. Такие расчёты используются в экологических моделях и при выборе стратегии очистки.

В сценариях ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов знание $t_{1/2}$ помогает планировать время мониторинга и восстановительных работ. В сельском хозяйстве пестициды с $t_{1/2}$ менее 7 дней считаются безопаснее, так как не накапливаются в воде. Для тяжёлых металлов, наоборот, требуется долгосрочный контроль, особенно в донных отложениях, где они сохраняются десятилетиями.

Однако не все вещества действительно разлагаются. Например, ртуть и свинец не исчезают, а просто перемещаются между фазами (вода ↔ донные отложения), поэтому их $t_{1/2}$ условен. В многокомпонентных загрязнениях возможны взаимодействия, которые могут ускорять или замедлять распад веществ. Для обеспечения достоверных оценок используются базы данных и нормативы. Важнейшие источники – ECOTOX от EPA (свыше 10 000 веществ), ГОСТ 17.1.3.10-83 (методики определения стойкости загрязнителей в водной среде).

Расчёт времени полураспада – ключевой элемент в прогнозировании поведения загрязняющих веществ в водных объектах. Его правильная оценка позволяет строить надёжные модели, разрабатывать эффективные меры очистки и формировать политику устойчивого управления водными ресурсами. Для этого необходимо сочетать экспериментальные данные, моделирование и учёт местных условий конкретного водоёма.

Список литературы

1. ГОСТ 17.1.3.10-83. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к методам определения устойчивости загрязняющих веществ в водной среде.
2. EPA ECOTOX Database. <https://cfpub.epa.gov/ecotox/> – База данных по токсичности и времени полураспада загрязнителей.

3. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Тульской области». Министерство природных ресурсов и экологии Тульской области. – Тула, 2023. – <https://minprirody.tula-region.ru/>

4. Егоров В.Н. Экологическая химия: учебник / В.Н. Егоров. – М.: Академия, 2016. – 320 с.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ СУШИЛЬНОГО ЦЕХА ПРОИЗВОДСТВА КИРПИЧА НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ

Е.М. Рылеева, П.С. Васильева, М.Д. Маградзе
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассматривается сушильное отделение производства по изготовлению кирпича, описывается технологический процесс, указываются образующиеся отходы, выбросы и сбросы загрязняющих веществ.

Кирпичные заводы являются источниками загрязнения как атмосферы, так и гидросферы. Рассмотрим влияние сушильного цеха в период его работы. План помещения со спецификацией оборудования, а также последовательность технологических процессов изображены на рисунке 1.

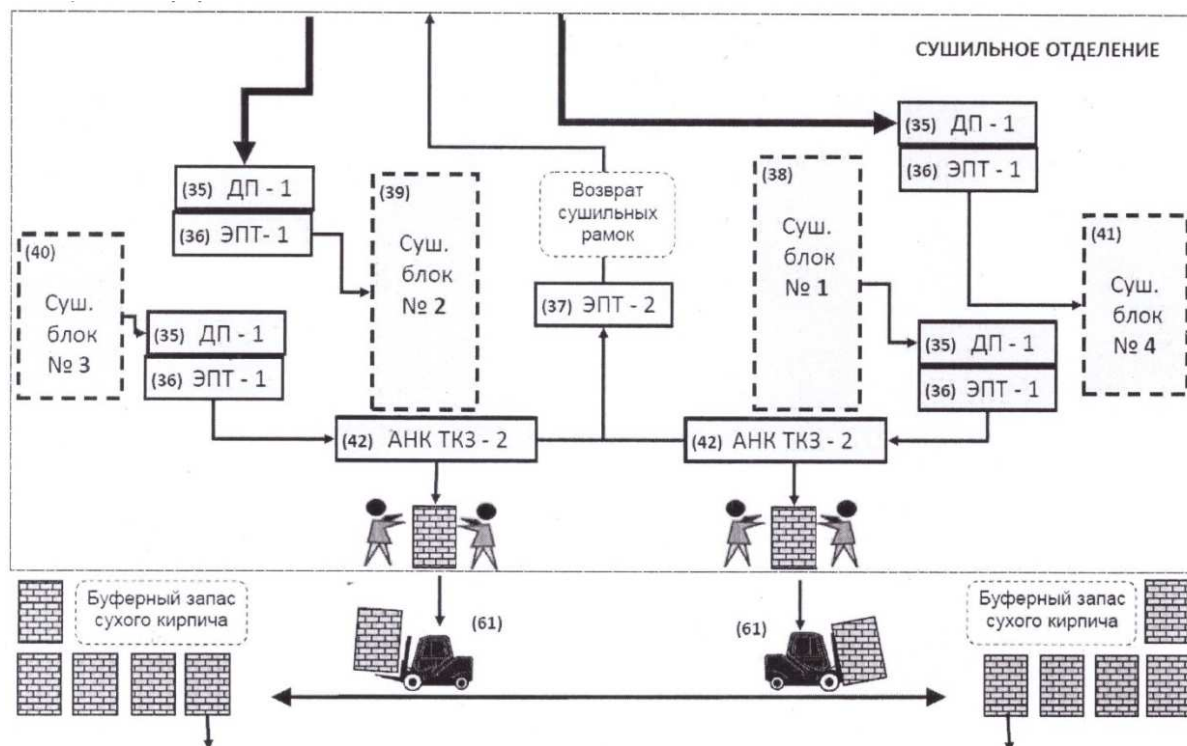


Рис. 1 План сушильного отделения производства по изготовлению кирпича

Одним из составляющих технологического процесса производства кирпича является сушка. Сушка сырца-полуфабриката – технологическая операция удаления физической влаги из сырца-полуфабриката. Основная задача технологической операции сушки с минимальными энергетическими затратами

за минимальное время получить бездефектный сухой полуфабрикат. В процессе сушки пластичный сырец-полуфабрикат постепенно переходит в твердое камнеподобное состояние сухого полуфабриката. Относительная влажность сухого кирпича после сушки $W_{отн} = 6 (+2)\%$.

Сушка сырца производится в камерных сушилках. Конструктивно сушильные камеры сгруппированы в четыре сушильных блока. Общая единовременная емкость загрузки всего сушильного отделения по кирпичу сырцу 1НФ составляет примерно- 400 000 шт. Номинальная производительность всего сушильного отделения по загрузке сырым полуфабрикатом – 560 т/сутки.

Организация технического процесса сушки (загрузка камер, регулировка процесса сушки, выгрузка камер, очистка камер) производится круглосуточно 24 час, в три смены по 8 час, непрерывно – 7дней в неделю, четырьмя сменами сушильщиц и уборщиков камер, синхронно с работой смен формовки и обжига. Сушка сырого кирпича осуществляется в течение 60...80 часов при температуре 40...1200С. В качестве опорных конструкций кирпича в сушилке используются сушильные рамки RE 11521 изготовленные из алюминиевого сплава АД31 Т1. Схема расположения источников выбросов приведена на рисунке 1.

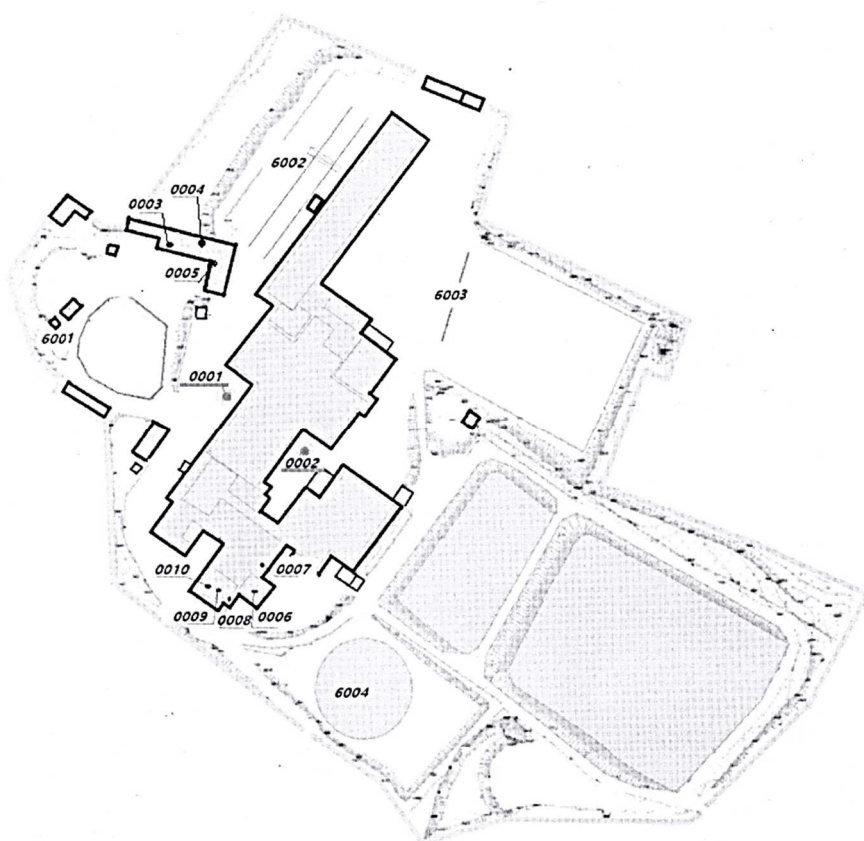


Рис. 1. Основное производство с источниками выбросов загрязняющих веществ (печь обжига, сушильное отделение, производственная котельная)

В качестве теплоносителя для осуществления процессов сушки сырого кирпича в сушильных блоках используются:

1. Отходящие газы от печи обжига (теплоснабжение 1 и 2 сушильных блоков), расход природного газа на инжекционные горелки печи обжига составляет – 65 % -70,00 % от общего потребления газа предприятием;

2. Отходящие газы теплогенераторов с инжекционными горелками в технологическом подтопе (теплоснабжение 1 и 2 сушильных блоков); - 3 % от общего потребления газа предприятием;
3. Отходящие газы от газового воздухонагревателя ВНС-1,0 (теплоснабжение 3 сушильного блока); - 4 % от общего потребления газа предприятием;
4. Отходящие газы технологической котельной с котлом ДКВР-2.5 (теплоснабжение 1 и 2 сушильных блоков), расход природного газа составляет - 19 % от общего потребления газа предприятием;
5. Отходящие газы в индивидуальных теплогенераторах типа ВНС 02 (теплоснабжение 4 сушильного блока), расход природного газа составляет - 5% от общего потребления газа предприятием.

При выполнении технических операций в атмосферу от источников предприятия выделяется 28 видов загрязняющих веществ от 1 до 4 класса опасности. Максимально разовые валовые выбросы загрязняющих веществ приведены по материалам инвентаризации с учетом максимальной производительности производства и составляют – 326,069204т/г. Из них твердые составляют – 45,954362 т, газообразные – 280,114842т/год.

В результате расчета среднегодовых концентраций загрязняющих веществ выявлена максимально разовая мощность выбросов загрязняющих веществ, частичный перечень которых приводится в таблице.

Анализ результатов расчетов приземных концентрация на существующее положение с учетом фоновых загрязнений, позволяют сделать следующие выводы:

1. Наибольшие концентрации в расчетных точках на территории жилой застройки и на границах СЗЗ имеют вещества.

Сероводород д.ПДК)	0,14 - 0,17 д.ПДК (фон = 0,13
Пыль абразивная (Корунд белый)	0,01 - 0,16 д.ПДК
Этилбензол	0,01 - 0,15 д.ПДК
Азот (II) оксид (Азота оксид) д.ПДК)	0,14 - 0,14 д.ПДК (фон = 0,14
Пыль неорганическая (70 -20% SiO ₂)	0,02 - 0,14 д.ПДК
Пентилены (Амилены-смесь изомеров)	0,0073- 0,08 д.ПДК
Ксилол	0,0063 - 0,07 д.ПДК
Железа оксид	0,005 - 0,03 д.ПДК
Марганец и его соединения	0,0071 - 0,05 д.ПДК
Предельные углеводороды C12-C19	0,0032 - 0,02 д.ПДК

Основные выбросы загрязняющих веществ

Код веще ства	Наименование вещества	Использ. критери й	Значен ие критер ия, мг/м ³	Класс опасно сти	Выброс вещества , г/с	Выброс веществ а, т/год
1	2	3	4	5	6	7
0123	диЖелезо триоксид (Железа оксид)	ПДК с/с	0,04000 0	3	0,0095826	0,032177
0143	Марганец и его соединения	ПДК м/р	0,01000 0	2	0,0004203	0,003026
0301	Азот (IV) оксид (Азота диоксид)	ПДК м/р	0,20000 0	3	0,5379527	13,13116 0
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,40000 0	3	0,0844278	2,048736
0328	Углерод черный (Сажа)	ПДК м/р	0,15000 0	3	0,0001375	0,000309
0330	Сера диоксид	ПДК м/р	0,50000	3	0,1480332	3,562413
Всего веществ				28	14,959996 6	326,0692 04
В том числе твердых				8	1,5721130	45,95436 2
Жидких/газообразных				20	13,387883 6	280,1148 42

2. Концентрация остальных веществ в расчетных точках на территории жилой застройки и на границах СЗЗ не превышают значений 0,01 д. ПДК.

Пыль неорганическая: до 20% SiO₂ 0,002 - 0,01 д.ПДК

Сера диоксид 0,009 - 0,01 д.ПДК (фон = 0,008 д.ПДК)

Фториды газообразные 0,0013 - 0,0095 д.ПДК

Углерод (Сажа) 0,00008 - 0,0004 д.ПДК

Эмульсол 0,00001 - 0,0001 д.ПДК

С целью снижения уровня негативного воздействия на окружающую среду и улучшения экологической обстановки рекомендуется:

- Ресурсосбережение за счет теплоизоляции и герметизации ограждающих конструкций путем нанесения слоя ППУ.
- Ресурсосбережение за счет введения в состав шихты опилки в качестве запрессованного топлива.
- Устройства кирпичной стены приемного склада участка подготовки технологических добавок.
- Устройство мойки колес в карьере.
- Сокращение ввода в шихту гранулированного шлака и отходов очистки сточных вод производства бумаги
- Снижение выброса выхлопных газов автомобильной и тракторной техники за счет замены устаревшего оборудования.
- Пылеуборка с помощью поливочной машины.
- Пылеуборка в цехах
- Наладка газогорелочных узлов котлов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УЧАСТКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ГОФРОКАРТОНА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Е.М. Рылеева, П.С. Васильева, М.Д. Маградзе
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В статье рассматривается производство гофрокартона, описывается технологический процесс, указываются образующиеся отходы, выбросы и сбросы загрязняющих веществ.*

Цех по изготовлению и переработке гофрокартона представляет собой здание, в котором расположены сам цех по изготовлению и переработке гофрокартона, склад сырья, склад готовой продукции, котельная, мастерская и прочие вспомогательные подразделения. Процесс изготовления гофрокартона представляет единую технологическую линию фирмы «BHS» (Германия), состоящую из нескольких одинаковых агрегатов. Со склада сырья автопогрузчиками рулоны бумаги и картона подаются в цех на выкатные рельсовые тележки. Машинист через валик заводит размотанные листы бумаги и картона с противоположных сторон в гофропресс. В гофропрессах происходит подогрев через валы слоев бумаги и картона до температуры 200 °С для придания им эластичности. Одновременно осуществляется гофрирование бумаги на зубчатых валах с одновременным подогревом бумаги острым паром, нанесением клея на верхние гофры бумаги и простого картона для склеивания в 2-хслойный гофрокартон. По транспортеру 2-хслойный гофрокартон выходит из гофропрессов в виде волн. Готовый 2-хслойный гофрокартон подается лентами транспортера верхнего моста в 3-хярусный подогреватель, на который с

размотчика подается одновременно однослойный картон и подогревается. Затем на клеильном агрегате происходит нанесение клея на верхние гофры бумаги и склеивание 2-хслойного гофрокартона с однослойным картоном в 3-хслойный гофрокартон с гофрами, расположенными между слоями плоского картона. Оборудование, представленное в спецификации участка:

1. Печатно – высекательный агрегат Midline – 2
2. Печатно – высекательный агрегат Куриони – 2
3. Линия изготовления гофрокартона BHS – 1
4. Макулатурный пресс с циклоном Прессона – 1
5. Бракорежательная машина у BHS – 1
6. Бракорежательная машина в макулатурном участке – 1
7. Линия подпрессовки упаковки Сигнод – 2
8. Транспортные линии с тележками для полуфабриката – 1
9. Транспортные линии с тележками для готовой продукции – 1
10. Наклонные транспортеры для подачи и рулонов в склад – 3
11. Насосы оборотного водоснабжения с холодильной установкой – 1
12. Компрессоры – 2
13. Клеевая мешалка, танк для приготовления клея – 1

Для производства гофрокартона на предприятиях как правило используется клей на основе пшеничного крахмала. Готовый водный раствор каустика для приготовления клея завозится автоцистернами в танкер, расположенный снаружи участка, куда подается пшеничный крахмал. Смесь перекачивается в клеевой бак с мешалкой, расположенной в клеевом участке. Приготовленный клей подается по трубопроводу насосами в танки и далее в ванны гофропрессов и клеилки гофроагрегата «BHS» (Германия). Остатки клея из клеевой мешалки, труб, танкеров, ванн и валов смываются обычной водой. Смыв остатков клея с водой по технологии фирмы «BHS» собирается в емкость и насосом вновь перекачивается в клеевой бокс с мешалкой для приготовления следующей партии клея. При данном закрытом технологическом процессе выбросы загрязняющих веществ в атмосферу исключены.

Изготовленный 3-х и 5-тислойный гофрокартон по технологической линии попадает в сушильную группу, где происходит его сушка. Метод сушки состоит в прохождении гофрокартона между стальными сушильными плитами, подогреваемыми снизу паром, и сукном, прижимаемым сверху стальными башмаками. За сушильной группой располагается группа охлаждения, где происходит охлаждение с помощью прохождения 3-х и 5-тислойного гофрокартона так же, как и в сушильной группе, но при охлаждении стальных нижних плит с помощью охлажденной воды. После чего, происходит обрубка отрубным ножом пересушенного гофрокартона, идущего в брак (3,5-4 % от производительности линии). Далее гофрокартон проходит через устройство для нанесения упрочняющей полиэтиленовой самоклеящейся пленки, где при определенных заявках заказчиков может выполняться процесс усиления гофрокартона путем продольной наклейки полос ленты. После продольной и поперечной резки гофрокартона на необходимые по заказам размеры, разрезанные заготовки попадают на стопоукладчик, где происходит укладка

заготовок в стопки и установка стопок на два поперечных транспортера и подача стопок на рольгонды-накопители. С рольгондов-накопителей с помощью рельсовых тележек, управляемых лазером, стопки полуфабриката в автоматическом режиме подаются на рольгонды печатно-высекательных агрегатов.

В помещении цеха установлена вытяжная вентиляция (источники выбросов №0001 – 0009). Отходящий теплый воздух от линии «BHS» в летнее время года выбрасывается крышными вентиляторами в атмосферу, в зимнее время года воздух от линии «BHS» поступает в качестве теплоносителя на склад сырья и склад готовой продукции. Запыленный воздух от печатновысекательных агрегатов выбрасывается в атмосферу крышными вентиляторами. В работе используются флексографические краски как на водной основе, при приготовлении и применении которых, загрязняющие вещества не выделяются, так и краски, имеющие в своем составе изопропанол и соединения аммиака. Загрязненный воздух выбрасывается из помещения колористической осевым вентилятором.

Обрезки картона попадают в бункер и подаются в камеру прессования. Запыленный воздушный поток подается в специальные фильтры очистки, откуда очищенный воздух возвращается обратно в рабочую зону макулатурного участка и далее подается в рабочую зону склада готовой продукции. Готовая продукция в виде подпрессованных и обмотанных пленкой «Стрейч» полет на европоддонах развозится автопогрузчиками и складывается в 2 яруса на складе готовой продукции по партиям перед отправкой.

В ходе выполнения технологических операций в атмосферу поступают следующие загрязняющие вещества, представленные в таблице.

Для снижения негативных воздействий на атмосферу предлагается к установке адсорбционная установка периодического действия для улавливания паров бензопирена из воздуха активным углем. В качестве адсорбента оптимальным является активный уголь марки AP-A. В данном случае уголь AP-A выбран в соответствии со свойствами, пористой структурой и назначением. Этот уголь обладает низкой удерживающей способностью, т.е. легко регенерируется. При проектировании аппарата периодического действия задаются одной из двух взаимосвязанных величин – высотой слоя (для кольцевого адсорбера – толщиной слоя) или продолжительностью фазы адсорбции. В кольцевом адсорбере толщина слоя адсорбента определяется размерами концентрических решеток, заключающих угольную шихту.

Отведение хозяйственных и производственных сточных вод осуществляется в существующие сети бытовой канализации предприятия и далее в городской коллектор бытовой канализации с последующей очисткой на очистных сооружениях. Перед сбросом в городскую канализацию производственные сточные воды предприятия проходят очистку на очистных сооружениях. Анализ хозяйственно-бытовых сточных вод проводится по следующим ингредиентам и показателям:

- азот аммонийный
- алюминий, марганец, медь, никель, цинк

- железо общее, хром общий,
- взвешенные вещества
- нефтепродукты, СПАВ
- нитраты, сульфаты, хлориды
- фосфор фосфатов, БПК, водородный показатель рН, ХПК
- сухой остаток

Основные выбросы загрязняющих веществ

Источник выделений	Код ЗВ	Наименование ЗВ	Максимально разовый выброс, G, г/с
Заточной станок	0123	Железа оксид	0,012
	2930	Пыль абразивная	0,008
Ручная дуговая сварка	0123	Железа оксид	0,00136
	0143	Соединение марганца	0,00024
	0342	Фтористый водород	0,00006
Газовая сварка в среде ацетилена	0123	Железа оксид	0,00107
	0143	Соединение марганца	0,00026
	2908	Пыль неорганическая, содержащая SiO_2 (20-70%)	0,00006
Гофроагрегат BHS	2962	Пыль бумаги	0,01964
Помещение цеха	2962	Пыль бумаги	0,0268
Станция краскосмешания	0303	Аммиак	0,01374
	1051	Пропан-2-ол (изопропанол, вторичный пропиловый спирт)	0,00674
Склад сырья	2962	Пыль бумаги	0,00463
Склад готовой продукции	2962	Пыль бумаги	0,00554
Линия ЕМВА	2962	Пыль бумаги	0,02703
Линия ЕМВА	2962	Пыль бумаги	0,02247
Линия ЕМВА	2962	Пыль бумаги	0,02029

Очистка дождевых и талых стоков с территории предприятия осуществляется на локальных очистных сооружениях (ЛОС). Сброс очищенных ливневых вод осуществляется на рельеф местности, через специальные сооружения, исключаящие возникновение эрозионных процессов почвы.

В процессе производственной деятельности рассматриваемого объекта образуется не более 25 наименований отходов производства и потребления 1-5 классов опасности. По данным проекта норматив образования отходов производства и потребления в целом по предприятию не превышает 149178,661 т/год, в том числе по классам опасности отходов:

- 1 кл. опасности - 0,534 т/год;
- 2 кл. опасности - 0,163 т/год;
- 3 кл. опасности - 3,509 т/год;
- 4 кл. опасности - 121, 64 т/год;
- 5 кл. опасности - 14791,815 т/год.

Предприятие не имеет объектов длительного (сроком более 6-ти месяцев) размещения отходов. Отходы передаются на обезвреживание и захоронение только лицензированным специализированным предприятиям согласно договорам. Отходы люминесцентных и ртутных ламп временно хранятся в специально отведенном помещении, которые по мере формирования транспортной партии будут передаваться на обезвреживание по договору лицензированному предприятию. Для временного хранения мусора предусмотрена контейнерная площадка для размещения стандартных металлических контейнеров. Площадка имеет твердое покрытие и свободный подъезд. Вывоз мусора осуществляется специальным транспортом лицензированного предприятия.

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ИННОВАЦИОННЫЕ ПАРКИ РОССИИ

В.В. Кругляк

Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I,
г. Воронеж

***Аннотация.** Приведён проект благоустройства сквера «Интернациональный» города Курска. Представлено благоустройство бульвара «Никитинский бугор» в городе Астрахани. Установлено расположение парка «Дружба» по проспекту Космонавтов в городе Ростов-на-Дону. Определено функциональное зонирование сквера «Дружба» в городе Волгодонске. Рекомендуются для благоустройства площадь 28300 м. кв сквера «Северная площадь» в городе Таганроге.*

Цель исследований – обоснование применения примеров инновационных парков России, на примере городов, Курска, Астрахани, Ростова-на-Дону, Волгодонска, Таганрога для благоустройства городов Центрального Черноземья.

Актуальность исследования. Дать характеристику функционального зонирования парков городов Курска, Астрахани, Ростова-на-Дону, Волгодонска, Таганрога, как примеров благоустройства объектов ландшафтной архитектуры России.

Методология. Зеленая инфраструктура садов и парков Европы, обоснована применительно к паркам России на основании данных Горохова [1], зональных особенностей паркостроения представлены на основании исследований Кругляк [2]. Дендрологические и садово-парковые особенности парков обоснованы по методике Кругляк [3]. Используются данные о структуре ботанических садов и дендропарков ЦЧЭР [4]. Применены методики системных исследований лесоаграрных ландшафтов [5]. Задействовано методическое руководство и технические условия по реконструкции городских зеленых насаждений [6].

Характеристика лучших объектов садово-паркового искусства приведена по данным Сокольской [7]. Исследования Теодоронского, способствовали изучению инновационных объектов ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства [8].

На рисунке 1 представлен сквер «Интернациональный», расположенный в городе Курске по улице Интернациональной. Планировочное решение территории сквера «Интернациональный» имеет комбинированный характер. Ассортимент древесных и кустарниковых растений представлен 14 наименованиями. Цветочное оформление сквера имеет регулярную планировку. Детский игровой городок на территории сквера имеет типовое решение с учетом возраста посетителей.

Бульвар «Никитинский Бугор» расположен в городе Астрахани. Показаны концептуальные предложения всех элементов благоустройства и озеленения бульвара «Никитинский Бугор». Обоснована схема генерального плана бульвара «Никитинский Бугор». Рассмотрены элементы благоустройства бульвара «Никитинский Бугор». Охарактеризованы элементы озеленения бульвара «Никитинский Бугор». Показаны условные обозначения – характеризующие элементы уличного мощения, представленные двумя видами (асфальтное полотно и тротуарная плитка). Определены границы благоустройства бульвара «Никитинский Бугор» в границах улицы 3-я Зеленгирская, микрорайон «Никитинский Бугор-2».



Рис. 1. Сквер «Интернациональный» г. Курск

Ассортимент древесных пород и кустарников представлен 16 видами. Древесные породы и кустарники будут приобретены в специализированных садоводческих и питомнических хозяйствах Астраханской области. Цветочное

оформление бульвара предусматривает использование аборигенных и интродуцированных цветочных растений в ассортименте 12 видов. Элементы благоустройства предусматривают использование скамьи – 3 вида, урны – 2 вида, осветительные элементы – 2 вида.

Парк «Дружба», расположен по адресу: город Ростов-на-Дону, от улицы Добровольского до проспекта Космонавтов. Общая площадь благоустройства составляет 13,4 га. Функциональное зонирование парка представлено следующими зонами: детская игровая зона; спортивная зона; прогулочная зона; резервная зона. В парке предусмотрены следующие элементы: элементы озеленения, освещения, парковая мебель, навигационные и информационные элементы, элементы сервиса (велосипедная парковка), элементы климатического комфорта, дорожное покрытие (3 вида).

Сквер «Дружба», расположенный по адресу: город Волгодонск, улица Энтузиастов, 9а. Основными функциональными зонами сквера «Дружба» являются: общественная зона, зона тихого отдыха, спортивная зона, зона настольных игр, зона сезонной торговли, зона технологического обслуживания, зона парковки.

Сквер «Северная площадь» расположен в городе Таганроге. Общая площадь благоустройства сквера «Северная площадь» составляет 28300 м. кв. Основными функциональными зонами сквера «Северная площадь» являются: детская игровая зона, спортивная зона, прогулочная зона, зона фонтана, центральная аллея, площадка для выгула собак, зона остановки. При проведении работ по озеленению, предусмотрено использование инновационного ассортимента древесных пород и кустарников. Цветочное оформление территории сквера предусматривает использование 12 видов цветочных растений.

Инновационные объекты ландшафтной архитектуры городов Курск, Астрахань, Ростов-на-Дону, Волгодонск, Таганрог, имеют различную площадь, расположены в разных климатических зонах Российской Федерации, имеют разнообразный ассортимент древесной и кустарниковой растительности, отличаются по функциональному зонированию, имея такие отличия, они представляют прекрасный пример разнообразного проектирования в области городского паркостроения.

Список литературы

1. Горохов В.А. Зелёная инфраструктура города. Сады и парки Европы: учеб. пособие для вузов. Т. III / В.А. Горохов. – М.: Архитектура – С. 2014. – 656 с.
2. Кругляк В.В. Зональные особенности паркостроения. Часть 10: учебное пособие / В.В. Кругляк, О.Ю. Емельянова, Е.В. Золотарева. – Воронеж; Изд-во ВГАУ, 2016. – 183 с.
3. Кругляк В.В. Самые знаменитые объекты ландшафтного, дендрологического и садово-паркового строительства Центрально-Черноземных областей России. Лесной вестник / В.В. Кругляк // Научно-информационный журнал. № 1. – 2010 г. – С. 31-36.

4. Кругляк В.В. Ботанические сады и дендропарки ЦЧЭР России / В.В. Кругляк // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА», 2011, выпуск 44, июль. – С. 99-106.

5. Методика системных исследований лесоаграрный ландшафтов. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1985. – 112 с.

6. Методическое руководство и технические условия по реконструкции городских зеленых насаждений. – М.: МГУЛ, 2001. – 60 с.

7. Сокольская О.Б. Садово-парковое искусство: формирование и развитие: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / О.Б. Сокольская. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 552 с.

8. Теодоронский В.С. Ландшафтная архитектура и садово-парковое строительство (обзор) / В.С. Теодоронский, В.Л. Машинский. – М.: МГУЛ, 2001. – 95 с.

САДЫ И ПАРКИ ЕКАТЕРИНБУРГА

В.В. Кругляк

Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I,
г. Воронеж

Аннотация. Рассмотрен проект генерального плана города Екатеринбурга. Представлена система озеленения города Екатеринбурга. Приведен план Харитоновского парка города Екатеринбурга. Определен генеральный план усадьбы Расторгуевых-Харитоновых. Рекомендуются план центрального парка культуры и отдыха имени В.В. Маяковского города Екатеринбурга. Установлена панорама дендропарка города Екатеринбурга.

Цель исследований – сделать обзор системы озеленения Екатеринбурга.

Актуальность исследования. Современные тенденции паркостроения городов России и мира.

Методология. Ассортимент красивоцветущих кустарников приведен по данным Александровой [1]. История развития садово-паркового искусства определена по данным Вишняковой, Кайзер, Черного [2, 10]. Приведены особенности европейского паркостроения [3]. Древесные растения для объектов ландшафтной архитектуры города Екатеринбурга представлены по данным каталога АППМ [4]. Декоративные растения определены по материалам декоративной дендрологии [5]. Применены методики, используемые ландшафтной архитектуре [6, 7, 8]. Охарактеризован дифференцированный ассортимент древесных пород и кустарников для Екатеринбурга [9].

Город Екатеринбург является крупнейшим мегаполисом Российской Федерации. Сады и парки Екатеринбурга создавались с момента основания города. На рисунке 1 показан проект генерального плана муниципального образования «Город Екатеринбург». Период развития генерального плана города Екатеринбурга определен до 2035 года. На карте показаны функциональные зоны

города Екатеринбурга в масштабе 1:25000. Рекреационные зоны города Екатеринбурга расположены по периметру муниципального образования.

Особое место среди озелененных территорий города Екатеринбурга занимают городские леса и лесные парки. В городе Екатеринбурге расположено 34 парка, 106 скверов, 24 бульвара, 15 лесных парков. Площадь парков составляет 604,33 га, скверов 106,05 га, бульваров 62,14 га, лесных парков 12372 га. Общая площадь зеленых насаждений города Екатеринбурга составляет 13144,52 га.

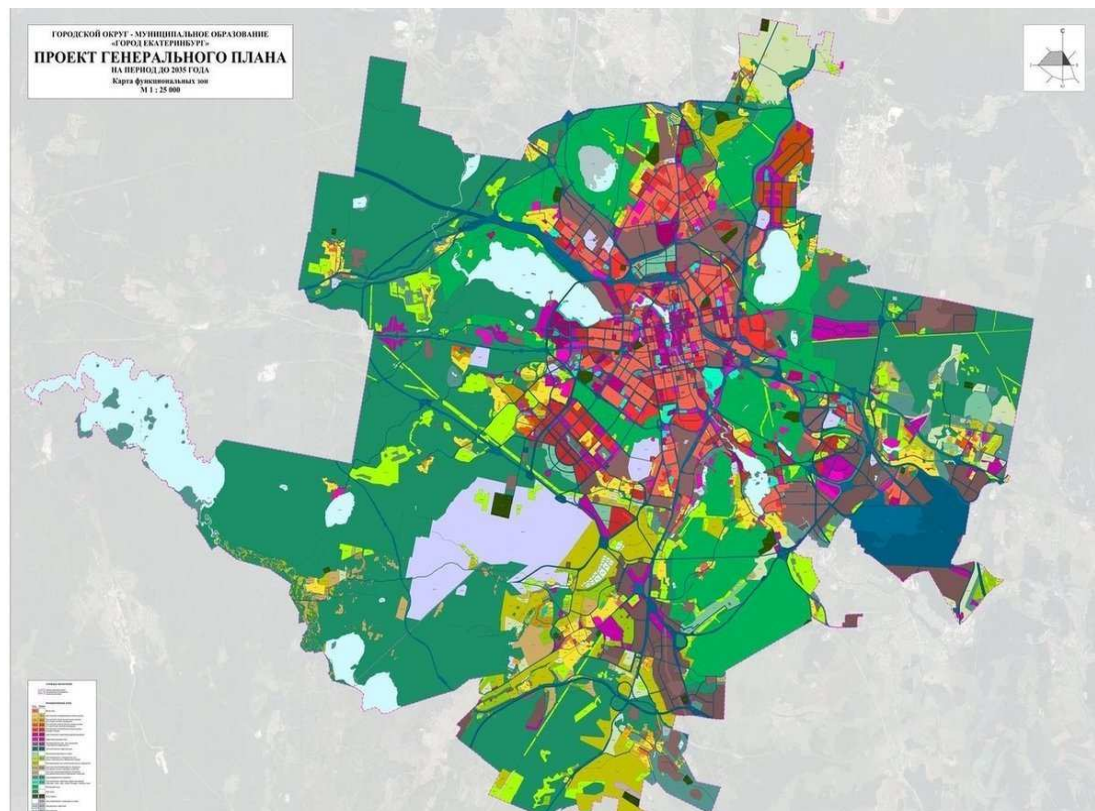


Рис. 1. Проект генерального плана города Екатеринбурга

Харитоновский парк города Екатеринбурга расположен в исторической части города. Парк находится в хорошем состоянии. Ассортимент древесных пород и кустарников, произрастающих в парке представлен 24 наименованиями. Приведен генеральный план усадьбы, южная развертка и западная развертка. На территории усадьбы была воздвигнута Вознесенская церковь, постройки 1792 года. Исторический адрес усадьбы Расторгуевых-Харитоновых, ул. К. Либкнехта, дом 44. Жилой комплекс усадьбы был построен в период с 1794 по 1827 годы. Постройки конюшни датированы 1814 годом. Комплекс парадных ворот, ограда хозяйственного двора и беседка «Ротонда» были построены в период 1824 года. В период 1936-1937 годов были дополнительно построены, беседка, фонтан, мостик в саду. Цветочное оформление исторического паркового объекта представлено 9 видами растений, равномерно расположенными по территории парка.

Центрального парка культуры и отдыха (ЦПКиО) имени В.В. Маяковского города Екатеринбурга расположен в центральной части

города. Вход на территорию парка осуществляется с центрального входа и еще с трех дополнительных входов с северной, западной и восточной стороны парка. Достопримечательностью парка является детская железная дорога, детская площадка, автодром, пруд, театр «Эстрады». Достопримечательностью города Екатеринбурга является исторический дендропарк, расположенный в центральной части города. В структуре озелененных территорий города Екатеринбурга, парки занимают 4,6 % от общей площади объектов озеленения, скверы занимают 0,8 %, бульвары занимают 0,5 %, лесные парки 94,1 %.

Показатель обеспеченности озелененными территориями по городу Екатеринбургу отличается между районами города. Площадь зеленых насаждений на 1 чел. по городу Екатеринбургу составляет 5,2 м кв. Максимальная площадь зеленых насаждений на 1 чел. представлена в Октябрьском районе и составляет 11,3 м кв. Минимальная площадь обеспеченности зелеными насаждениями отмечена в Верх-Исетском районе города и составляет 2,1 м кв на человека.

Выводы.

1. Сады и парки Екатеринбурга представляют уникальное наследие садово-паркового искусства России и мира.
2. Система озеленения города Екатеринбурга имеет многофункциональное значение.
3. Концепция планировки города Екатеринбурга сочетает в себе принципы промышленного и культурного центра России.

Список литературы

1. *Александрова М.А. Аристократы сада: красивоцветущие кустарники / М.А. Александрова. – М.: ЗАО «Фитон +», 1999. – 192 с.*
2. *Вишнякова С.В. История развития садово-паркового искусства: учебное пособие / С.В. Вишнякова, Н.В. Кайзер; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2023. – 144 с.*
3. *Горохов В.А. Зелёная инфраструктура города. Сады и парки Европы: учеб. пособие для вузов. Т.III / В.А. Горохов. – М.: Архитектура – С. 2014. – 656 с.*
4. *Каталог древесных растений, выращиваемых в питомниках АППМ. – М.: АППМ. 2017. – 432 с.*
5. *Колесников А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников. – М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1974. – 745 с.*
6. *Кругляк В.В. Зональные особенности паркостроения. Часть 10: учебное пособие / В.В. Кругляк, О.Ю. Емельянова, Е.В. Золотарева. – Воронеж; Изд-во ВГАУ, 2016. – 183 с.*
7. *Кругляк В.В. Самые знаменитые объекты ландшафтного, дендрологического и садово-паркового строительства Центрально-Черноземных областей России. Лесной вестник / В.В. Кругляк // Научно-информационный журнал. № 1. – 2010 г. – С. 31-36.*

8. Кругляк В.В. Ботанические сады и дендропарки ЦЧЭР России / В.В. Кругляк // Научно-практический журнал «Вестник ИрГСХА», 2011, выпуск 44, июль. – С. 99-106.

9. Сродных Т.Б. Деревья и кустарники для озеленения городов. Дифференцированный ассортимент для Екатеринбурга: монография / Т.Б. Сродных, Т.И. Фролова, Н.В. Кайзер; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2024. – 200 с.

10. Черный В.Д. Садовое искусство Древней Руси: истоки, типология, эволюция / В.Д. Черный. – М.: Прометей, 2006. – 168 с.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЫХОД ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ХВОЙНЫХ ЛАПОК

Г.А. Гавриленко, Е.В. Курочкина, А.А. Дорофеева, А.В. Протопопов
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

***Аннотация.** В работе изучены различные способы предварительной обработки сырья из хвойных деревьев и их влияние на выход эфирного масла. В качестве предварительной обработки были использованы соляная и серная кислоты, пергидроль, а также смешанный способ. Рассмотрено влияние различной концентрации их водных растворов на выход ценного продукта. Состав эфирных масел подтвержден методом ИК-спектроскопии.*

В ходе работы было изучено влияние предварительной обработки древесного сырья для увеличения выхода эфирных масел при гидропародистилляции. Рассмотрели влияние концентрации соляной и серной кислоты, влияние пергидроля и влияние смешанных условия на выход продукта. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

Как показывают полученные данные, наилучший выход в условиях использования соляной кислоты составил 0.54 %, серной кислоты – 0.59 %, пергидроля – 0.6 %, смешанных условий – 0.778 %. Исходя из рисунка 1, при обработке серной кислотой после наибольшего выхода наблюдается его снижение за счет разложения масла на более легкие фракции с их переходом в водорастворимое состояние. Выход незначительно увеличился при концентрации равной 3 % за счет окисления масел, их конденсации и соответственно перехода в водонерастворимое состояние.

Однако на полученном ИК-спектре видно, что хоть и выход эфирного масла большой при обработке серной кислотой, но основную часть полученного продукта составляет вода. Недостаток данного способа заключается в том, что серная кислота разлагает эфирные масла, тем самым они переходят в водорастворимое состояние (Рис. 2).

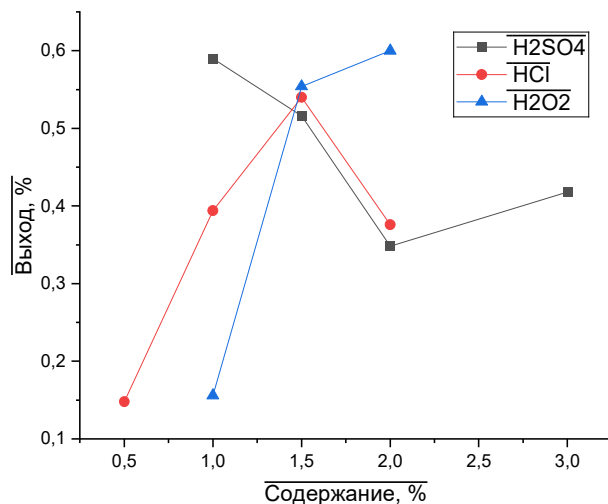


Рис. 1. Зависимость выхода эфирных масел от концентрации обрабатывающего реагента

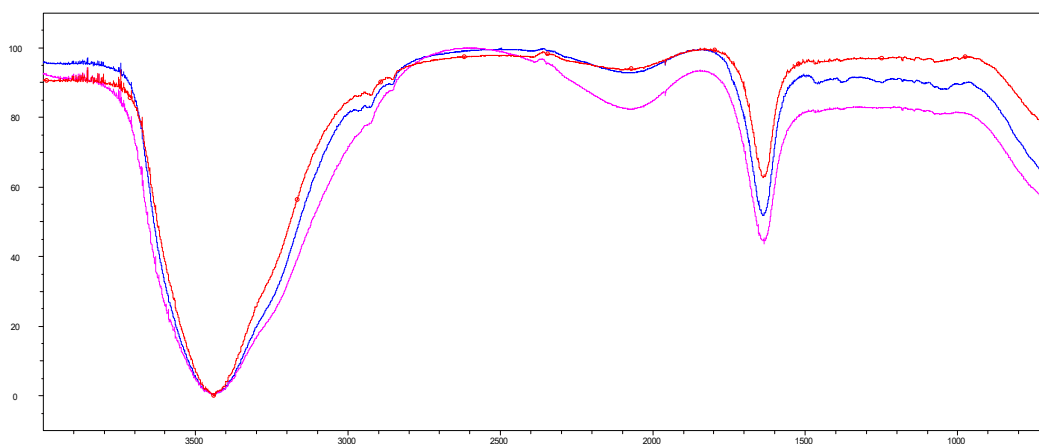


Рис. 2. ИК-спектр эфирного масла, полученный после обработки серной кислотой

Исходя из рисунка 1 видно, что максимальный выход эфирного масла при обработке соляной кислотой наблюдается при концентрации 1.5 %. При концентрации в 2 % выход ценного продукта незначительно уменьшился, в следствие разложения масла и переходом легких фракций в водорастворимое состояние. На полученном ИК-спектре (рисунок 3) красным цветом изображен состав эфирного масла при концентрации соляной кислоты 0.5 %, коричневым цветом – 1 %, светло-зеленым – 1.5 %, зеленым – 2 %. Все полученные водные растворы, кроме 1.5 %, в своем составе имеют большое количество воды, то есть значительная часть эфирного масла содержится при обработке водным раствором соляной кислоты с концентрацией 1.5 %.

Как показывают полученные данные максимальный выход эфирного масла при обработке пергидролем наблюдается при его концентрации равной 2 %. На рисунке 4 зеленым цветом изображен состав эфирного масла при концентрации пергидроля 1 %, а синим цветом – 1.5 %. Исходя из ИК-спектра, можно сделать вывод, что при концентрации пергидроля равной 1.5 % содержание воды в составе эфирного масла значительно меньше, чем при 1 % растворе.

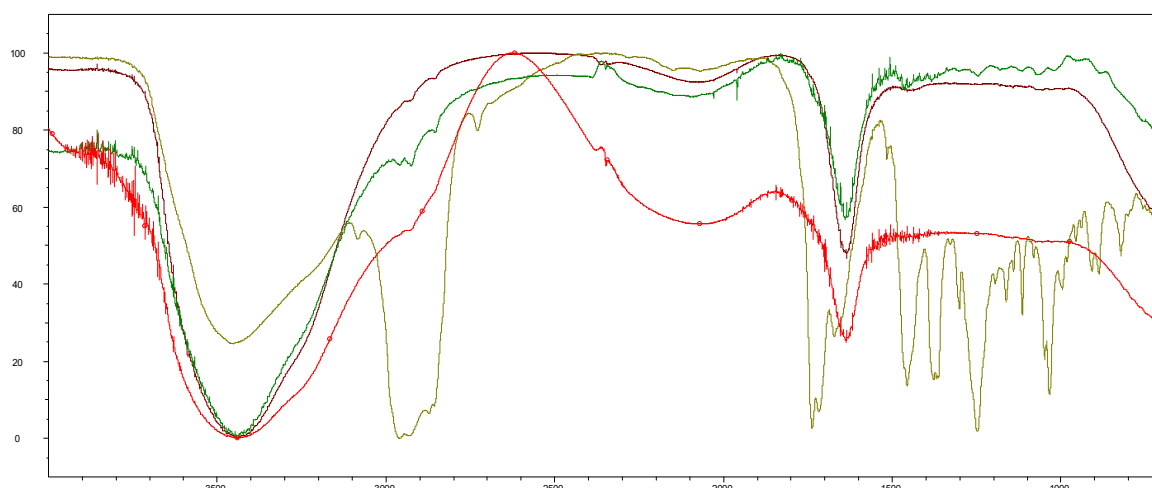


Рис. 3. ИК-спектр эфирного масла, полученный после обработки соляной кислотой

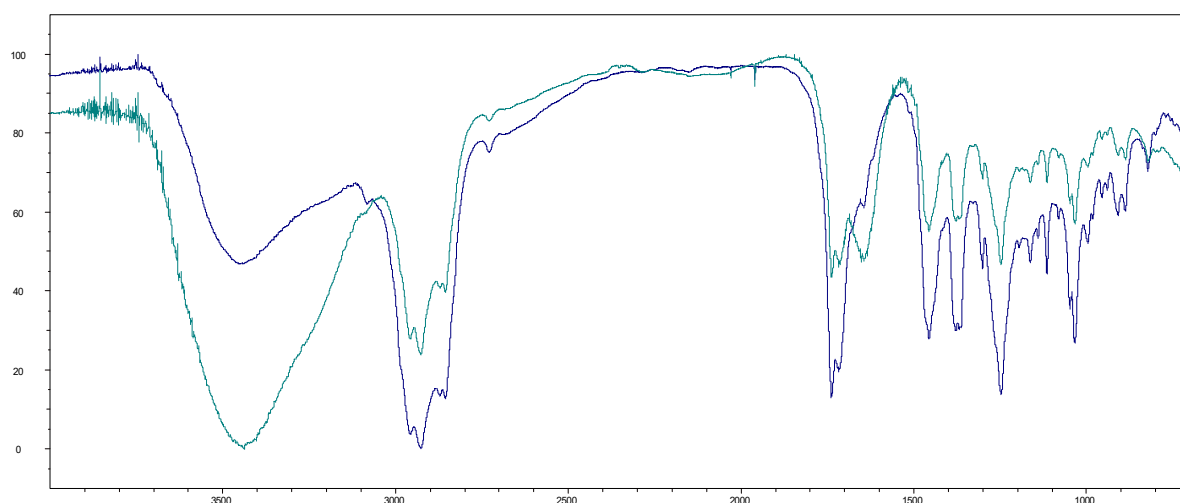


Рис. 4. ИК-спектр эфирного масла, полученный после обработки пергидролем

ИК-спектр эфирного масла, полученного после обработки смесью соляной кислоты и пергидроля изображен красным цветом на рисунке 5. При обработке смешанным способом наблюдается незначительное содержание воды при большом выходе эфирных масел.

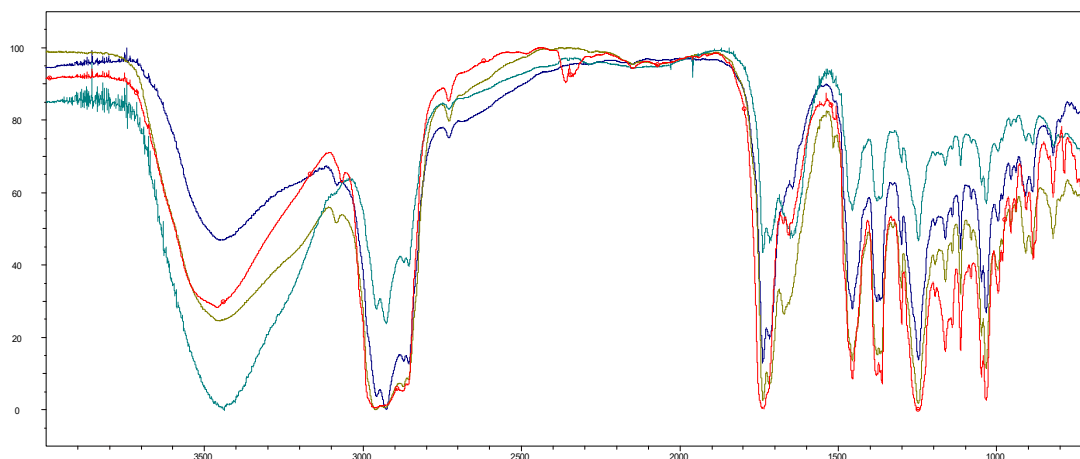


Рис. 5. ИК-спектр эфирного масла, полученный после обработки смесью соляной кислоты и пергидроля

Основной состав эфирных масел, полученных при разных типах обработки совпадает.

Список литературы

1. Ефременко А.А. Компонентный состав эфирных масел хвойных растений Сибири / А.А. Ефременко, И.Д. Зыкова. – Красноярск: Сиб.федер. ун-т, 2013. – 132с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ БУТИРАТОВ САХАРОЗЫ

А.В. Протопопов, А.А. Батвинова, С.А. Супоня
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Аннотация. В работе рассмотрен способ получения сложных эфиров сахарозы с масляным ангидридом. Изучена мицеллообразующая способность полученных сложных эфиров сахарозы методом турбидиметрии, а также их поверхностно-активные свойства.

Сложные эфиры углеводов представляют собой важный класс соединений, обладающих уникальными физико-химическими свойствами, которые делают их привлекательными для применения в различных отраслях, включая пищевую, фармацевтическую и косметическую промышленности. Один из перспективных путей заключается в создании сложных эфиров путем соединения сахаров с масляным ангидридом.

Синтез сложных эфиров из сахаров и масляного ангидрида представляет собой многообещающий подход к созданию новых функциональных материалов. Разработка эффективных методов синтеза и дальнейшее исследование свойств полученных соединений открывают новые горизонты для их применения в различных отраслях. Будущие исследования могут сосредоточиться на оптимизации условий реакции и изучении новых комбинаций углеводов и ангидридов для получения более разнообразных и полезных продуктов.

В ходе нашей работы провели синтезы с масляным ангидридом и сахарозой в соотношении 1:1 и 1:2 при разных температурах в течении 4 часов.

Таблица 1

Степень замещения в полученных продуктах

Соотношение сахароза – масляный ангидрид	Температура синтеза, °С			
	25	35	55	75
1:1	0,003	0,005	0,034	0,037
1:2	0,050	0,068	-	-

Полученные продукты проверили на светопропускание в растворах при различных концентрациях.

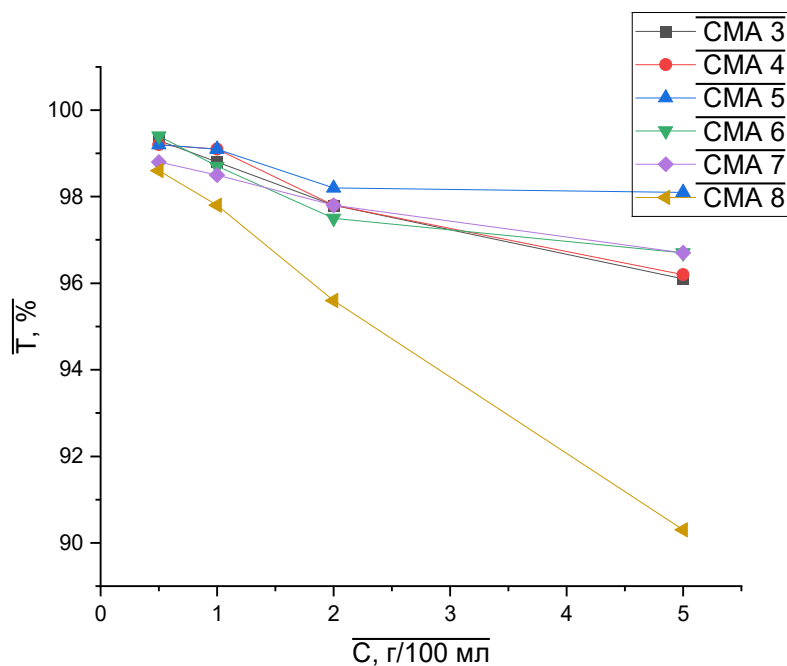


Рис. 1. Зависимости величины светопропускания продуктов от концентрации

Исследование продуктов на светопропускание выявило, что при увеличении концентрации продуктов светопропускание уменьшается для всех представленных образцов. Линии для разных продуктов имеют схожую тенденцию, но отличаются по степени снижения светопропускания. Наибольшее снижение наблюдается для продукта СМА 8, тогда как продукт СМА 3 демонстрирует минимальное снижение.

Так же для продуктов провели исследование на зависимости поверхностного натяжения от концентрации растворов (Рис. 2).

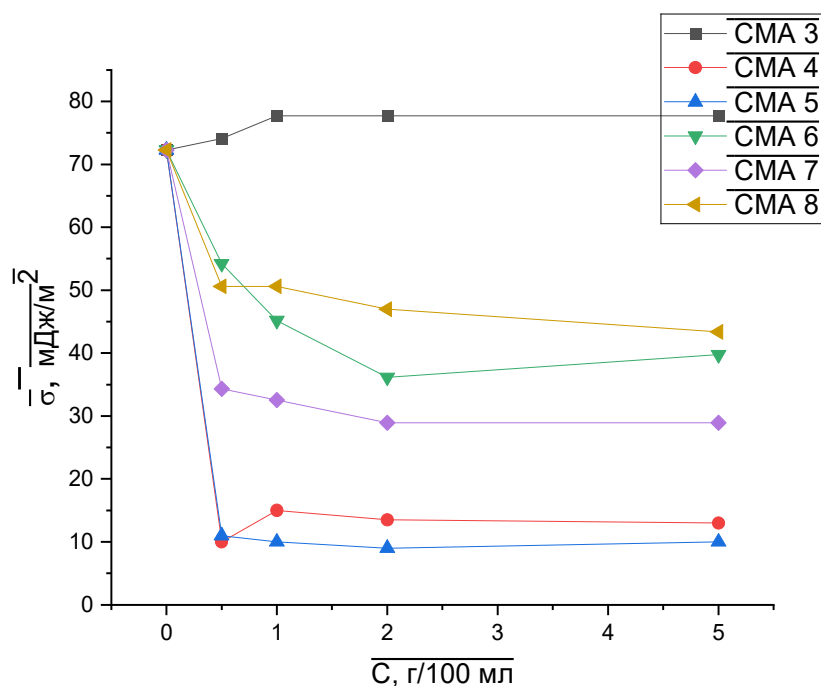


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации растворов

По полученному графику можно заметить, что увеличение концентрации раствора приводит к снижению поверхностного натяжения для всех исследуемых веществ. У СМА3 и СМА4 поверхностное натяжение резко снижается при малых концентрациях, затем стабилизируется. У СМА5 – СМА8 наблюдается менее выраженное снижение поверхностного натяжения, значения остаются относительно высокими при увеличении концентрации.

Список литературы

1. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / К.Р. Ланге; под науч. Ред. Л.П. Зайченко. – Спб.: Профессия, 2007. – 240 стр., ил.

2. Жирсахара [Текст]: (Получение, свойства, применение) / Ф.А. Жогло. – Москва: Медицина, 1975. – 112 с.: черт.: 20 см.

ВЛИЯНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ПОЛУЧЕНИЕ АЦЕТИЛИРОВАННОГО ДИЭТАНОЛАМИДА ЖИРНЫХ КИСЛОТ

А.А. Дорофеева, Г.А. Гавриленко, Е.В. Курочкина, А.В. Протопопов
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Аннотация. Рассматривается процесс получения сложных эфиров диэтаноламида с уксусной кислотой. Синтез протекал в присутствии ацилирующего агента ацетилхлорида и последующим амидированием подсолнечным маслом, при разной протяженности и разных температурах. Также был рассмотрен способ получения сложных эфиров напрямую из амида, без стадии амидирования. Полученный сложный эфир был исследован на значение кислотного числа и методом ИК-спектроскопии.

Эстеркваты являются универсальными ингредиентами, используемыми в различных отраслях промышленности, включая средства личной гигиены, домашний уход и уход за тканями. Их кондиционирующие, смягчающие, антистатические и антимикробные свойства делают их ценными компонентами средств по уходу за волосами, смягчителей тканей, предметов личной гигиены и бытовых чистящих средств. Поскольку потребительский спрос на эффективные и многофункциональные продукты продолжает расти, ожидается, что эстеркваты будут играть важную роль в удовлетворении этих потребностей и повышении общей эффективности и привлекательности конечных продуктов. За последние 30 лет было подано несколько тысяч патентов, охватывающих вариации и комбинации новых и старых молекул, а также рецептуры пластификаторов с различными вспомогательными веществами и функциональными добавками. В 1977 году эстеркваты на основе триэтанолamina (ТЕА) были запатентованы для использования в качестве кондиционера для тканей. Этерификация ТЕА двумя эквивалентами жирных кислот дает термодинамически контролируемое статистическое распределение моно-, ди- и триэфиров, которые в промышленных масштабах кватернизируются с помощью DMS (диметилсульфата). В то время триэтанолamin на основе на

североамериканском рынке эстеркваты не смогли составить достойную конкуренцию пластификаторам на основе DHTDMAC (дегидрированного таллодиметиламмонийхлорида) и DETA (диэтилентриамина) по соотношению цена/качество. Однако в Европе их стоимость и производительность по сравнению с теми же умягчителями более выгодны. Более высокая производительность может быть объяснена, главным образом, эффектом линейной сушки, которая, по-видимому, сокращает разрыв в производительности по сравнению с сушкой в сушильной машине.

В ходе проделанной работы был проведен синтез по получению сложного эфира диэтанолamina с уксусной кислотой, и последующим его амидированием. В первом случае (ДЭАМ 16) протекает этерификация диэтанолamида с ацетилхлоридом, реакция протекает в течении 4 часов при 55 °С, а во втором (ДЭАМ 17') диэтанолamin также реагирует с ацилирующим агентом в течении 4 часов при 55 °С, а затем происходит реакция амидирования подсолнечным маслом в щелочной среде при температуре 130 °С 3 часа. Третий продукт (ДМСО 18), в отличие от ДЭАМ 16 подвергался ацилированию в течении 3 часов при температуре 70 °С. В четвертом случае для получения сложного эфира, диэтанолamin ацилировали уксусной кислотой в присутствии метиленхлорида, при температуре 70 °С, полученный сложный эфир в последствии амидировали подсолнечным маслом в щелочной среде в течении 3 часов, температура процесса 140 °С.

Для полученных продуктов был проведен анализ на кислотное число, которое показывает содержание свободных кислот. На рисунке 1, представлена диаграмма результатов. Можно сделать вывод, что полное ацитилирование прошло для продукта ДЭАМ17', а ДЭАМ16 не прореагировал, о чем свидетельствует высокий показатель кислотного числа.

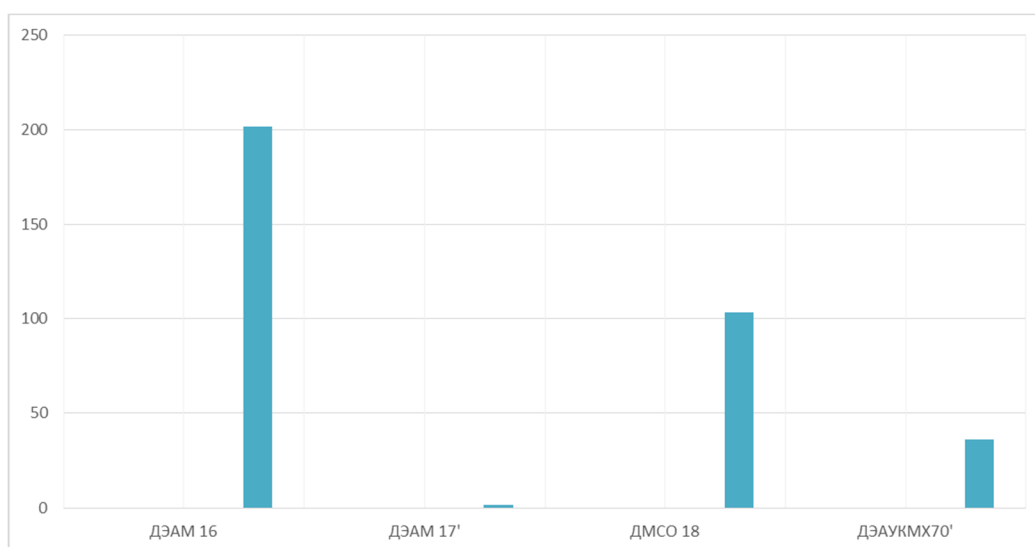


Рис. 1. Диаграмма результатов анализа на кислотное число

На Рисунке 2 представлен ИК-спектр полученных продуктов. Наблюдаются значительные водородные взаимодействия, которые выражаются в уширении полосы поглощения от 3500 до 2500 см⁻¹. Причем у ДМСО 18 (синий

спектр) эти взаимодействия менее выражены. В ДЭАМ 17 (зеленый спектр) практически отсутствуют полосы поглощения сложноэфирной связи и амида. Для ДЭАМ 16 (красный спектр) наблюдается появление полос поглощения сложноэфирной связи и полосы поглощения амида. У ДМСО 18 взаимодействие произошло в более значительной степени. Отсутствие водородных взаимодействий у ДЭАУКМХ 70 показывает образование сложного эфира диэтаноламина.

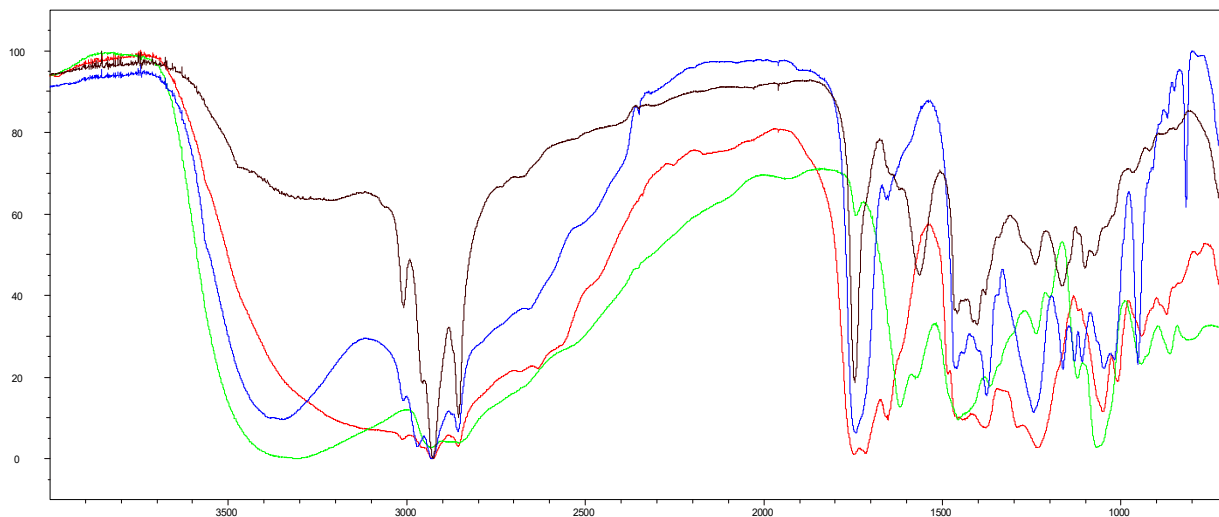


Рис. 2. ИК-спектр полученных продуктов

В сравнении амина (коричневый спектр) и его амида ДЭАУКМХ 70 (черный спектр) (рис. 3), у амина присутствуют большие водородные взаимодействия, что говорит о наличии колебания группы N-H, но при этом наблюдается полоса поглощения в области 1712-1100 см⁻¹, что свидетельствует о образовании сложноэфирной связи.

Полученный результаты ИК-спектра и анализа на кислотное число, показывает, что наилучшие показатели получены для продуктов ДЭАМ17 и ДЭАУКМХ70.

Список литературы

1. Mishra S, Tyagi VK. Esterquats: the novel class of cationic fabric softeners. *J Oleo Sci.* 2007;56(6):269-76. doi: 10.5650/jos.56.269. PMID: 17898491.

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИТРАТОВ КРАХМАЛА В КИСЛОЙ СРЕДЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИХ РАСТВОРОВ

Е.В. Курочкина, Г.А. Гавриленко, А.А. Дорофеева, А.В. Протопопов
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Аннотация. В данной работе рассмотрен способ получения сложных эфиров крахмала с лимонной кислотой. Полученные цитраты крахмала изучены на степень замещения по отношению к лимонной кислоте и исследованы реологические свойства их растворов.

Использование крахмала в целях, выходящих за рамки его естественной роли, довольно ограниченным. Отсюда следует, что любой процесс, который позволит улучшить свойства этого дешевого материала для других применений, представляет большой интерес с точки зрения биотехнолога или ученого-материаловеда. Различные модификации (химические или иные) этих полимеров исследовались в течение многих лет с целью получения полезных производных, при этом химия, связанная с гидроксилами, претендует на большую долю из-за обилия таких групп в основной цепи полисахарида. Одним из таких типов реакций является ацилирование гидроксильных полимеров с образованием различных типов сложных эфиров полисахаридов. Было получено множество типов сложных эфиров крахмала, которые нашли применение в широком диапазоне применений. Гидроксильные группы мономеров ангидроглюкозного звена (AGU) представляют собой звенья, подходящие для этерификации с субстратами, содержащими ацильную группу. Ацетилированные крахмалы существуют уже много лет, а производные с низкой DS (степень замещения: моль ацила на моль ангидроглюкозы) используются в пищевой промышленности для контроля и регулирования реологического поведения паст.

Производители особенно ценят возможность продлевать срок хранения готовой продукции и полуфабрикатов за счёт введения модифицированного крахмала. Кроме того, он позволяет улучшать органолептические свойства продуктов питания. Одно из главных преимуществ крахмала заключается в его способности сохранять текстуру и структуру изделий, предотвращать их расслоение, а также обеспечивать стабильность продукции при разных условиях хранения и термической обработки.

Эти качества особенно актуальны для производства продуктов, которые в процессе своей реализации могут подвергаться заморозке, стерилизации или длительному хранению.

В ходе проделанной работы были проведены синтезы по получению модифицированного крахмала лимонной кислотой. В первом (КЛМ1) и втором (КЛМ2) случае модификация происходит в течении 4 часов при температуре 35 °C, также при разном соотношении крахмала к лимонной кислоте – в первом случае 1:1, а во втором случае 1:0,5. В третьем (КЛМ3) и четвертом (КЛМ4) случае модификация проводилась в течении 6 часов при температуре 35°C, при соотношении крахмала к лимонной кислоте – в третьем случае 1:1, а в четвертом случае 1:0,5. Пятый (КЛА5) и шестой (КЛА6) способ отличаются от третьего и четвертого очередностью стадий подготовки. В седьмом (КЛМ7) и в восьмом (КЛМ8) случае модификация происходит в течении 3 часов при температуре разных температурах, для седьмого продукта – 35 °C, восьмого – 75 °C соотношение крахмала к лимонной кислоте в данных случаях было равным.

Для полученных продуктов был проведен анализ на связанную кислоту, который показывает какое количество лимонной кислоты сшилось с крахмалом. Полученные данные показывают, что модифицированный лимонной кислотой крахмал, при разных условиях синтеза, оказывает влияние степень замещения. По данным из рисунка 1, высокую степень замещения имеют продукты, полученные способом 4, 3, 2, что характеризует высокую степень взаимодействия крахмала с лимонной кислотой.

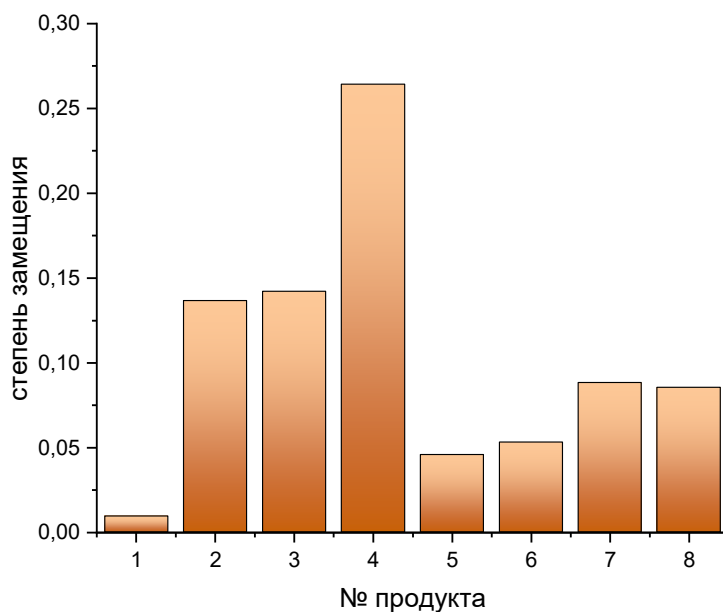


Рис. 1. Степень замещения в полученных продуктах

Также был проведен анализ на растворимость и набухание крахмала в воде при разных температурах. Полученные данные, представленные на рисунке 2, демонстрируют что внесение изменений в структуру крахмала лимонной кислотой не сказывается на вязкости растворов, независимо от условий проведения реакции. Тем не менее, результатом модификации стало существенное уменьшение температуры, при которой крахмал растворяется. Наличие в модифицированном крахмале незадействованных групп связанной лимонной кислоты открывает перспективы его применения в качестве многофункционального регулятора, позволяющего контролировать как кислотность, так и вязкость среды.

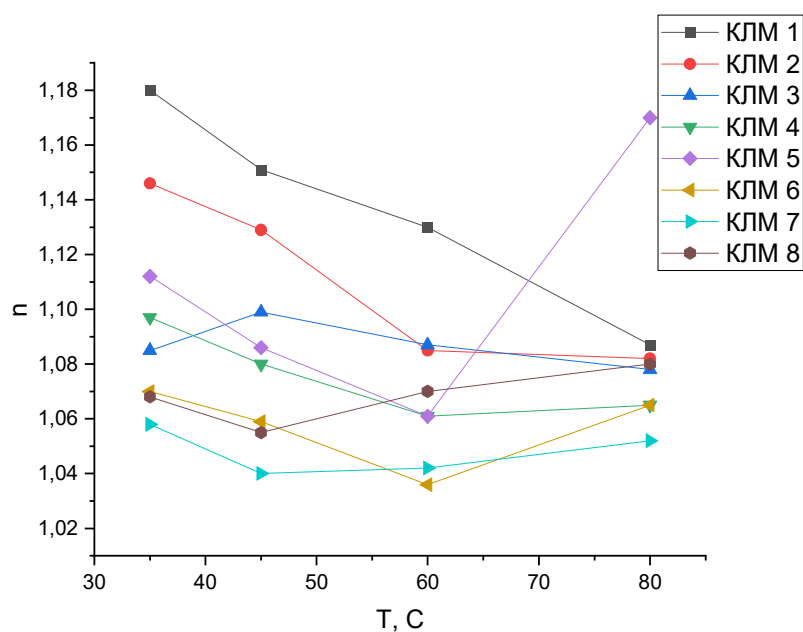


Рис. 2. Вязкость полученных продуктов в зависимости от температуры

Полученные результаты степени замещения и растворимости показывает, что наилучшие показатели у продуктов, полученными способами четыре, три и два.

Список литературы

1. Kairui Zhang, FeiCheng, KangZhang, JianboHu, ChangxueXu, YiLin, MiZhou, PuxinZhu, *Synthesis of long-chain fatty acid starch esters in aqueous medium and its characterization*, *European Polymer Journal*, Volume 119, October 2019, Pages 136-147 <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.07.021>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ЖИРОСАХАРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

С.А. Супоня, А.А. Батвинова, А.В. Протопопов
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

Аннотация. В работе рассмотрен способ получения сложных эфиров сахарозы с жирными кислотами растительного масла. Полученные сложные эфиры сахарозы исследованы на мицеллообразующую способность по изменению коэффициента светопропускания. Проведено изучение поверхностно-активных свойств полученных сложных эфиров сахарозы.

Сахароза, широко известная как столовый сахар, является одним из наиболее распространенных дисахаридов, используемых в пищевой промышленности и повседневной жизни. Однако ее свойства могут быть расширены за счет различных модификаций, которые открывают новые возможности для применения в различных отраслях. Одним из перспективных направлений является модификация сахарозы с использованием растительных масел, что позволяет создавать сложные эфиры сахарозы. Эти производные обладают поверхностно-активными свойствами, что делает их пригодными для использования в качестве моющих средств, косметической или фармацевтической продукции или других продуктов, требующих подобных свойств.

Модификация сахарозы с жирными кислотами растительных масел включает в себя химическое взаимодействие, которое изменяет структуру молекулы сахарозы, придавая ей новые функциональные свойства. Сложные эфиры жирных кислот можно получить основно-каталитической реакцией с использованием сахарозы и жирных кислот, входящих в состав растительных масел. Данная реакция позволяет этерифицировать первичную гидроксильную группу сахарозы, что позволит беспрепятственно получить эфир.

В ходе нашей работы провели синтезы сахарозы с растительным маслом в соотношении 1:1 в присутствии щелочных катализаторов при температурах 140 и 150 °С и выдержке 4 часа. Полученные продукты проверили на светопропускание в растворах при различных концентрациях.

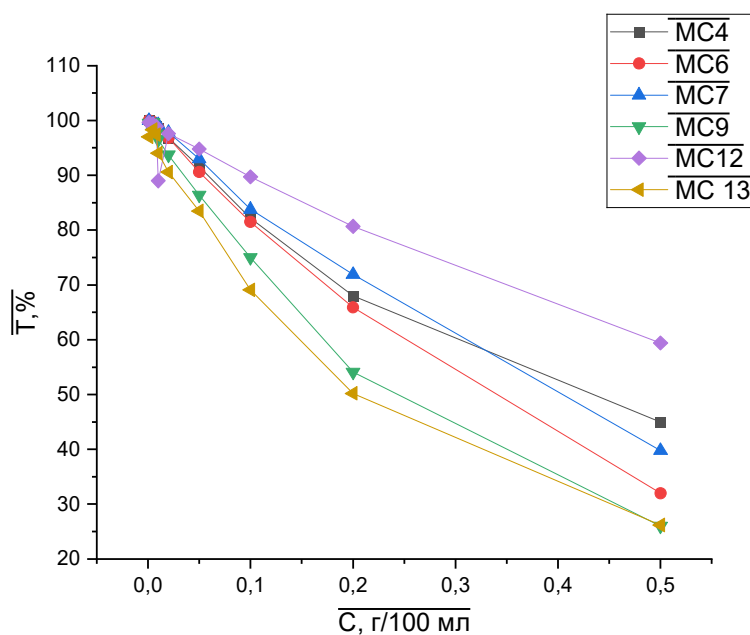


Рис. 1. Зависимости величины светопропускания продуктов от концентрации

Исследование продуктов на светопропускание выявило линейную зависимость от величины концентрации, кроме продуктов МС 9 и МС 13. Для них выявлен момент мицеллообразования при концентрации растворов 0,2 г/100 мл, это означает, что произошел переход от молекулярно-дисперсного состояния ПАВ в растворителе к ассоциированному в мицеллы ПАВ.

Так же для продуктов МС9, МС12 и МС13 провели исследование на зависимости поверхностного натяжения от концентрации растворов (Рис. 2).

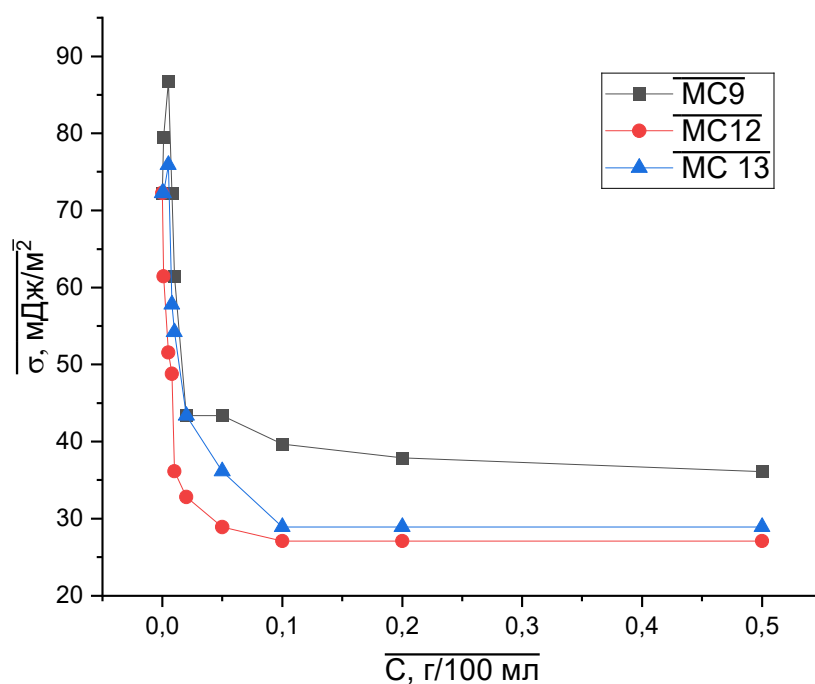


Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации растворов

По полученному графику можно определить зависимость уменьшения поверхностного натяжения с увеличением концентрации раствора, что типично для ПАВ.

На графике так же можно заметить, что при определенной концентрации снижение поверхностного натяжения замедляется и выходит на плато. Это указывает на достижение критической концентрации мицеллообразования – точки, при которой молекулы ПАВ начинают образовывать мицеллы. Так же из графика выявили, что продукт МС13 является наиболее эффективным в снижении поверхностного натяжения из исследуемых.

Список литературы

1. Ланге К.Р. *Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение* / К.Р. Ланге; под науч. ред. Л.П. Зайченко. – Спб.: Профессия, 2007. – 240 стр., ил.

2. Жиросахара [Текст]: (Получение, свойства, применение) / Ф.А. Жогло. – Москва: Медицина, 1975. – 112 с.: черт.: 20 см.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЯЗКОСТЬ РАСТВОРОВ КРАХМАЛА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ЯБЛОЧНОЙ КИСЛОТОЙ

Д.Е. Штепенко, А.В. Протопопов

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул

***Аннотация.** В рамках исследования проведён анализ реакции крахмала с яблочной кислотой в условиях контролируемых экспериментальных параметров. Для полученных модифицированных образцов крахмала проведены измерения вязкости растворов и рассчитали количественную оценку содержания связанной кислоты.*

Крахмал, являясь высокомолекулярным углеводом растительного происхождения, составляет значительную долю биомассы. Благодаря своим функциональным свойствам, экономической доступности и способности к биodeградации без образования токсичных продуктов, он находит широкое применение в различных отраслях промышленности [1]. К числу основных потребителей относятся целлюлозно-бумажная промышленность, производство клеевых составов, упаковочных материалов (включая гофрокартон), полимеров, текстиля, строительных смесей, лакокрасочных покрытий, химических реагентов и фармацевтических препаратов. В пищевой промышленности крахмал используется в качестве функциональной добавки, выполняющей роль стабилизатора, загустителя и текстурообразующего агента, обеспечивая гомогенизацию, модификацию реологических свойств и стабильность жидких пищевых систем.

В ходе нашей работы были проведены исследования взаимодействия крахмала с яблочной кислотой в различных условиях, направленных на уменьшение ретроградации.

Ретроградация связана с перестройкой линейных цепей амилозы в упоря-

доченные кристаллические структуры, что приводит к снижению гидратационной способности, потере вязкости и необратимому изменению текстуры крахмалосодержащих систем.

Условия поведения синтеза крахмала я яблочной кислотой

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
Условия протекания синтеза	3 часа 40 ⁰ С 0,5 NaOH 0,5 моче-вина	3 часа 40 ⁰ С 0,3 NaOH 0,3 моче-вина	3 часа 35 ⁰ С 0,5 NaOH 0,5 моче-вина	6 часов 35 ⁰ С 0,5 NaOH 0,5 моче-вина	3 часа 35 ⁰ С 1 NaOH 0,5 моче-вина	3 часа 75 ⁰ С 1 NaOH 0,5 моче-вина	6 часов 55 ⁰ С HCl- H ₂ O ₂	3 часа 55 ⁰ С HCl- H ₂ O ₂

Был проведен ряд анализов продуктов модификации крахмала, включающие в себя:

- определение содержания связанной кислоты, методом потенциометрического титрования;

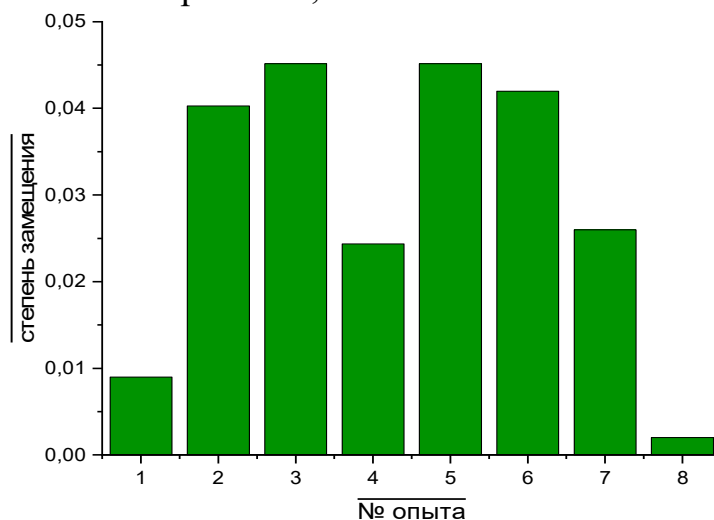


Рис.1. Диаграмма зависимости степени замещения от условий протекания реакции

- определение относительной вязкости, с помощью вискозиметра;

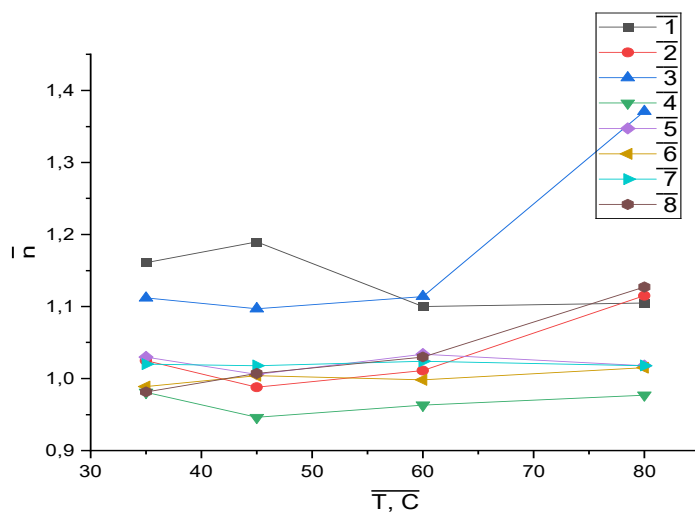


Рис. 2. График зависимости вязкости от температуры

Итогом проделанной работы являются продукты взаимодействия с яблочной кислотой в различных условиях. Наибольшее значение степени замещения имеют образцы, полученные в опытах №3 и №5 (таб.1). Согласно графику зависимости вязкости от температуры, в опыте №3 наблюдается резкое увеличение вязкости при температуре 80°C.

Результаты исследования позволяют установить корреляцию между введением яблочной кислоты в структуру крахмала и изменением его функционально-технологических характеристик, что открывает перспективы для разработки специализированных модифицированных крахмалов с заданными свойствами.

Список литературы

1. Эллис Р.П. и др. (1998). Производство крахмала и промышленное использование. Журнал науки о продуктах питания и сельском хозяйстве, 77 (3), 289-311.

2. Ванг С. и др. (2015). Ретроградация крахмала: всесторонний обзор. Всесторонние обзоры в области науки о продуктах питания и безопасности пищевых продуктов, 14 (5), 568-585.

3. Ашогбон А.О., & Акинтайо, Э.Т. (2014). Последние тенденции в физической и химической модификации крахмалов из различных растительных источников: обзор. Крахмал-Стерке, 66(1:2), 41: 57.

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА

Е.Л. Горшенина, А.Р. Аббясова, В.А. Шевцова
Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург

Аннотация. В условиях стремительно нарастающего загрязнения окружающей среды пластиковыми отходами особую актуальность приобретает поиск устойчивых альтернатив синтетическим полимерам. Одним из наиболее перспективных решений является использование биоразлагаемых материалов, способных разлагаться под действием естественных факторов без образования токсичных остатков. Настоящая статья посвящена анализу возможностей применения биоразлагаемых полимеров в различных отраслях промышленности и их потенциала в снижении экологического ущерба. Рассмотрены физико-химические характеристики, биodeградационные свойства и экономические аспекты внедрения таких материалов. Обоснована необходимость комплексного подхода к разработке, производству и утилизации биопластиков как ключевого элемента перехода к циркулярной экономике.

В последние десятилетия пластиковое загрязнение приобрело глобальный масштаб. Ежегодно миллионы тонн пластиковых отходов попадают в окружающую среду, загрязняя сушу и водные экосистемы. Пластик разлагается крайне медленно, образуя микропластик, который обнаруживается в организме животных и человека, нарушая экологические цепочки и представляя угрозу

здоровью. Сложившаяся ситуация требует поиска и внедрения альтернативных решений, среди которых ключевую роль играют биоразлагаемые материалы.

Биоразлагаемые полимеры – это соединения, способные под воздействием природных факторов разлагаться до безвредных веществ. Наиболее перспективными считаются полилактид (PLA), полигидроксиалканоаты (PHA) и термопластичный крахмал (TPS). Они производятся из возобновляемого сырья: крахмала, целлюлозы, сахаров, а также путём микробиологического синтеза. Такие материалы находят применение в производстве упаковки, одноразовой посуды, плёнок и других изделий кратковременного использования.

Физико-химические свойства биополимеров определяют их сферу применения. Например, PHA обладает высокой прочностью и жёсткостью, TPS – наибольшей гибкостью и скоростью разложения, а PLA показывает сбалансированные механические характеристики. Исследования подтверждают, что TPS разлагается быстрее других биополимеров, особенно в условиях компостирования. Продукты его биodeградации являются нетоксичными и даже могут служить источником питательных веществ для почвы.

Несмотря на очевидные преимущества, широкое распространение биоразлагаемых полимеров сдерживается рядом факторов: высокой себестоимостью по сравнению с традиционными пластиками, неразвитостью инфраструктуры сбора и утилизации, а также необходимостью адаптации производственных процессов. Решение этих проблем возможно благодаря переходу к экономике замкнутого цикла, использованию дешёвого сырья (например, древесных отходов), а также государственной поддержке.

Таким образом, биоразлагаемые материалы представляют собой эффективный инструмент снижения экологического ущерба от пластикового загрязнения. Они сочетают в себе экологичность, функциональность и потенциал к масштабированию. Внедрение биополимеров требует системного подхода, объединяющего науку, технологии, экономику и политику. Только в этом случае возможно достижение реальных изменений и переход к устойчивому развитию.

Список литературы

1. Горшенина Е.Л. Использование биоразлагаемых материалов для уменьшения загрязнения окружающей среды / Е.Л. Горшенина, О.Ю. Сипайлова, Е.Э. Савченкова // Экономика строительства, 2024. – № 6. – С. 251-254.

2. Горшенина Е.Л. Безопасность человека в техносфере [Электронный ресурс] / Е.Л. Горшенина, Т.В. Ковтун // Актуальные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности: материалы XLVI Студен. науч. конф. ин-та наук о Земле, Оренбург, 02-09 апр. 2024 г. / Оренбург. гос. ун-т ; под общ. ред. А.И. Байтеловой, Е.Л. Горшениной. – Оренбург: ОГУ, 2024. – С. 26-29. – 4 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=73880711&pff=1>

3. Савченкова Е.Э. Экологический мониторинг при антропогенном воздействии на естественные агросистемы степной зоны Оренбуржья [Электронный ресурс] / Е.Э. Савченкова, Е.Л. Горшенина, Л.А. Быкова,

Н.Н. Рахимова, В.А. Солопова, В.В. Делигирова // Стени Северной Евразии: материалы IX Междунар. симпозиума / науч. ред. А.А. Чибилев. – Электрон. дан. – Оренбург: Оренбург. гос. ун-т, 2021. – С. 698-701. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46699448&pff=1>

МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

А.В. Архипов

Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье рассмотрена модель искусственной нейронной сети для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха, которая является эффективным инструментом анализа сложных многомерных данных, позволяющий выявлять скрытые зависимости и строить точные прогнозы относительно уровней загрязнения в городской среде. Применение таких моделей помогают своевременно реагировать на ухудшение качества воздуха, планировать профилактические мероприятия и снижать негативное воздействие промышленности и автотранспорта на окружающую среду, а также значительно повысить точность прогнозов уровня загрязнения и принять своевременные меры по ограничению выброса вредных веществ предприятиями и транспортом.

Модель искусственной нейронной сети (ИНС) для мониторинга загрязнения атмосферного воздуха – это эффективный инструмент анализа сложных многомерных данных, позволяющий выявлять скрытые зависимости и строить точные прогнозы относительно уровней загрязнения в городской среде. Рассмотрим структуру и принципы работы данной модели.

Искусственная нейронная сеть представляет собой вычислительную модель, имитирующую работу нервной системы живых организмов. Она состоит из множества связанных узлов (нейронов), организованных в слои, каждый из которых обрабатывает определённую группу входных признаков и передает сигнал следующему слою. Для задач мониторинга используются многослойные перцептроны (MLP), сверточные нейронные сети (CNN) или рекуррентные нейронные сети (RNN), в зависимости от специфики решаемой задачи [1].

На входе нейронной сети располагаются данные о текущих условиях окружающей среды: концентрации основных загрязняющих веществ (NO_x , SO_2 , CO , O_3 , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$); температура воздуха; атмосферное давление; скорость и направление ветра; уровень влажности; время суток и сезон года; географическое положение и ландшафт местности.

Эти данные собираются датчиками мониторинга, установленными на улицах города, и дополняются информацией от метеостанций и спутниковых снимков.

Классическая архитектура ИНС для мониторинга включает три слоя:

1. входной слой – принимает исходные данные и нормализует их для дальнейшего анализа;

2. скрытый слой (или несколько слоев) – осуществляет нелинейные преобразования входных данных, формируя признаки высокого порядка;

3. выходной слой – формирует итоговый прогноз уровня загрязнения для заданного временного интервала.

Наиболее часто применяются архитектуры MLP и RNN с использованием обратного распространения ошибки (backpropagation) для настройки весов связей между нейронами.

Обучение нейронной сети производится методом градиентного спуска, когда веса соединений настраиваются таким образом, чтобы минимизировать ошибку прогноза. Процесс обучения проходит на большом наборе исторических данных, собранных ранее системами мониторинга.

После обучения сеть способна самостоятельно формировать прогноз на основании новых данных, поступающих в режиме реального времени.

Рассмотрим базовый пример, состоящий из потока распределения тепла через плоскую квадратную поверхность с размерами $l = 1$, с граничными условиями Дирихле в качестве постоянной температуры на трех полях:

$$h_{\theta}\theta = r \quad (1)$$

с $r = 0$ и граничным условием Неймана как температурой потока от источника

$$nk\nabla\theta + q\theta = g \quad (2)$$

где q - коэффициент теплопередачи $q = 0$, $g = 0$, $h_{\theta} = 1$.

Уравнение теплопроводности параболического типа:

$$\rho C \frac{\partial\theta}{\partial t} = \nabla(k\nabla\theta) + Q + h_{\theta}(\theta_{ext} - \theta) \quad (3)$$

где ρ – плотность среды, C – теплоемкость (теплоемкость), k – теплопроводность, коэффициент теплопроводности, Q – источник тепла, h_{θ} – коэффициент конвективного теплообмена, θ_{ext} – внешняя температура. Относительные значения выбираются для параметров уравнения: $\rho C = 1$, $Q = 10$, $k = 1$.

В случае исследования в лабораторных испытаниях использовалась небольшая сенсорная сеть с 13 узлами. Количество датчиков эквивалентно уменьшенному количеству узлов и ячеек, как это показано на схеме положения на рис. 1.

В этом примере мы выбираем узлы 8, 13, 12 5 и 11, чтобы применить метод оценки. Эти узлы отмечены жирным шрифтом на рисунке.

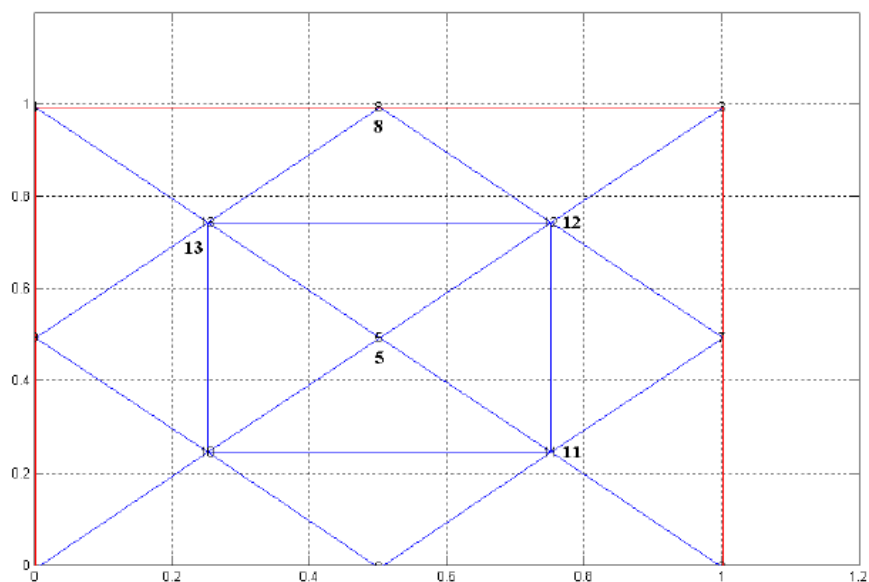


Рис. 1. Положение сенсорной сети в поле

Переходные характеристики температуры (в относительных значениях) представлены на рис.2 для 101 образца.

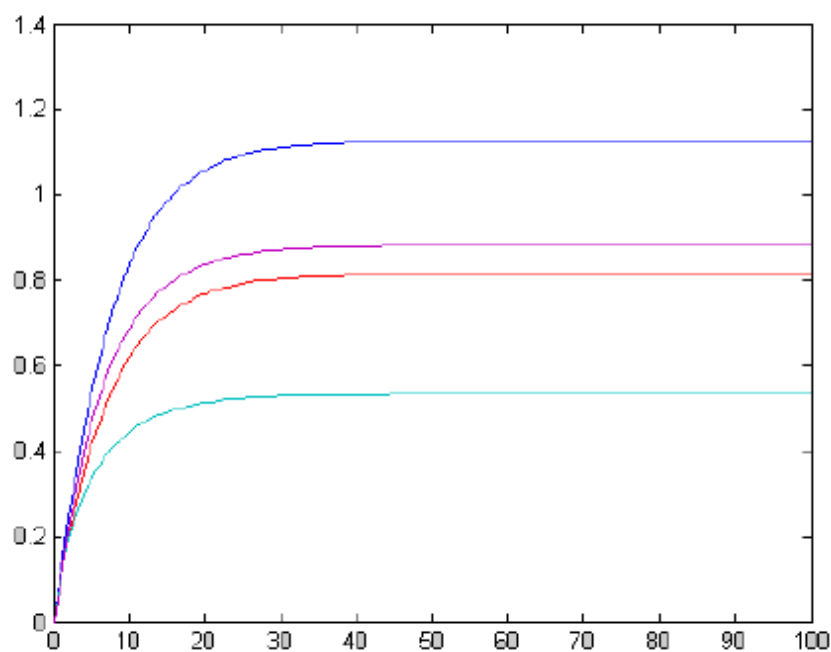


Рис. 2. Переходные характеристики

Переходные характеристики 12-го и 13-го узлов одинаковы, поэтому они нанесены одна на другую, и на рисунке 2 показаны только четыре характеристики вместо пяти.

Мы представляем в качестве примера оценку для 5-го узла. Это узел оценочной переменной, основанный на первом рекурсивном алгоритме:

$$\theta_5^{k+1} = f(\theta_8^k, \theta_{13}^k, \theta_{12}^k, \theta_{11}^k) \quad (4)$$

Структура системы нечеткого вывода представлена на рис. 3.

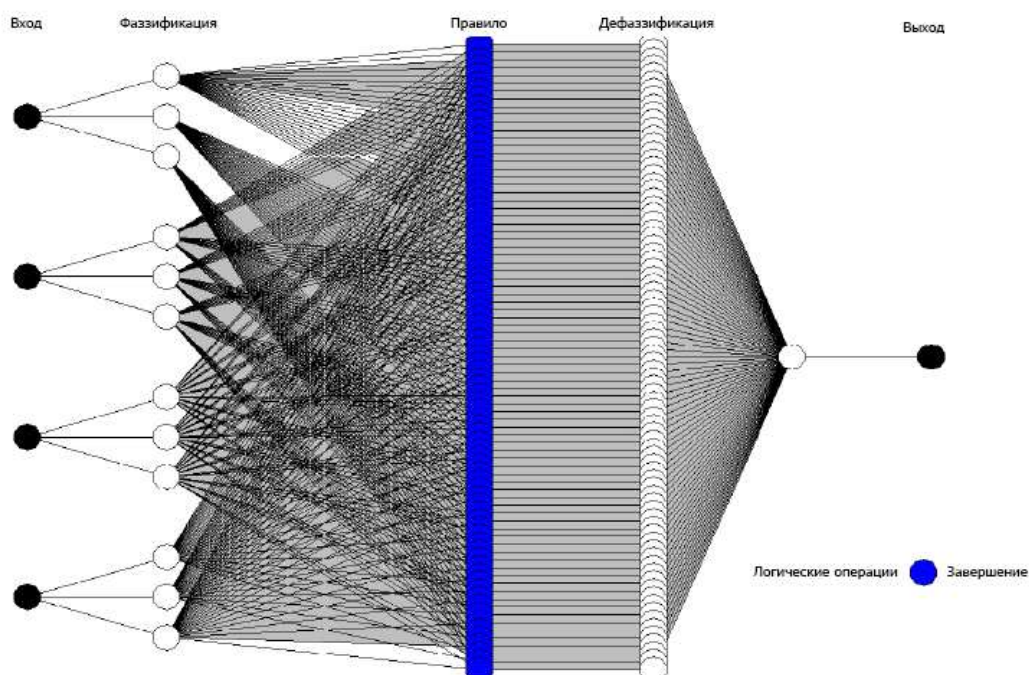


Рис. 3. Структура ИНС

Краткое описание ANFIS и его аппроксимирующего свойства приведено ниже. Количество входов зависит от типа алгоритма. Для 1-го и 2-го алгоритмов имеется 4 входа из-за вывода первого порядка во времени параболической модели. Для 3-го и 4-го алгоритмов имеется 6 входов из-за вывода второго порядка во времени гиперболической модели. Процедура ANFIS может использовать гибридный алгоритм обучения, чтобы идентифицировать параметры функции принадлежности единственной выходной системы нечеткого вывода Такаги-Сугено. Комбинация методов наименьших квадратов и градиентного спуска с обратным распространением может использоваться для обучения параметров функции принадлежности, моделируя данный набор входных/выходных данных.

Вывод может быть реализован произведением, минимумом, максимумом или суммированием, следствие с произведением или минимумом и агрегация с максимальным или арифметическим носителем. Первый слой является входным слоем. Второй уровень представляет слой фазификации. Нейроны представляют собой нечеткие множества, используемые в предшествующих нечетких правилах, определяют степень принадлежности входных данных. Функция активации представляет функции членства. 3-й слой представляет базовый слой нечетких правил. Каждый нейрон соответствует одному нечеткому правилу из базы правил.

В этом случае выход представляет собой метод логического вывода, в котором соединяются предшествующие правила. Веса 3-го и 4-го слоев являются нормированной степенью достоверности соответствующих нечетких правил. Эти веса получены в процессе обучения. 4-й слой представляет выходную функцию принадлежности. Функция активации является выходной функцией принадлежности. Пятый слой представляет слой дефазификации с одним выходом, а метод дефазификации – представляет центр тяжести.

Сравнительные переходные характеристики для обучения и тестирования выходных данных представлены на рис. 4.

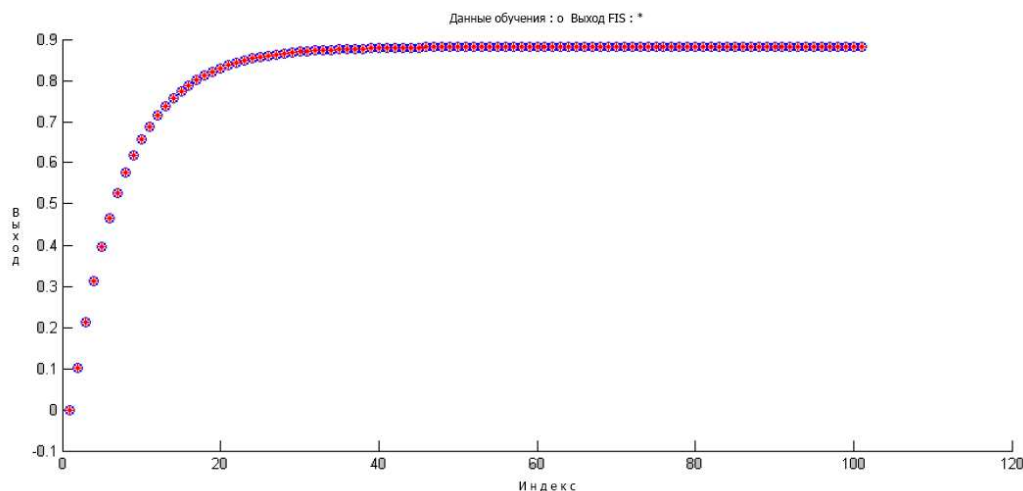


Рис. 4. Сравнение результатов обучения и тестирования

Сравнительные характеристики между спрогнозированными ИНС и реальными измеренными данными представлены двумя кривыми на одном графике, чтобы показать, что нет существенной разницы. Характеристика для обучающих данных представлена с помощью o. Характеристика для вывода ИНС показана там с помощью *. Разница между обучающим и тестовым примерами является незначительной. Графические знаки o и * находятся в одинаковых точках для обеих характеристик. Средняя ошибка тестирования составляет $2,017 \cdot 10^{-5}$. Количество обучающих прогонов 3. Если в датчике появляется неисправность, например, в момент 50-й выборки, возникает ошибка в оценке, как это показано на рис. 5 [2].

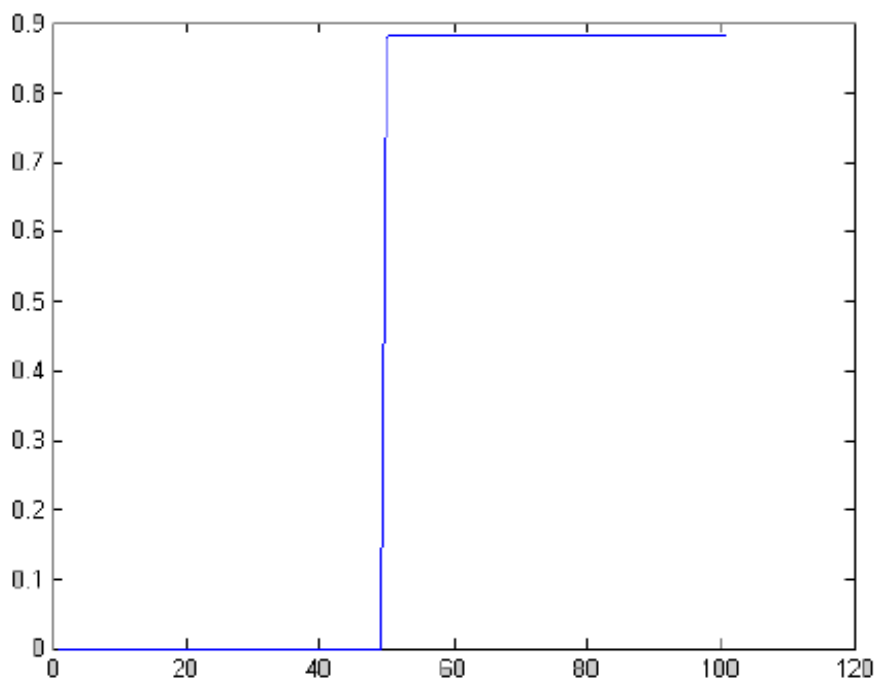


Рис. 5. Ошибка на пятом узле сети

Обнаружение этой ошибки эквивалентно настройке по умолчанию для этого датчика, с другой точки зрения в месте контролируемого датчика в пространстве систем с распределенными параметрами и в тепловом потоке вокруг датчика.

Модели ИНС широко используются в системах городского мониторинга, помогая своевременно реагировать на ухудшение качества воздуха, планировать профилактические мероприятия и снижать негативное воздействие промышленности и автотранспорта на окружающую среду, а также значительно повысить точность прогнозов уровня загрязнения и принять своевременные меры по ограничению выброса вредных веществ предприятиями и транспортом.

Таким образом, использование искусственных нейронных сетей в мониторинге загрязнения воздуха открывает новые возможности для оперативного реагирования и улучшения экологической ситуации в городах с интенсивной производственной деятельностью.

Список литературы

1. Бодянский Е.В. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения / Е.В. Бодянский., О.Г. Руденко. – Харьков: Телетех, 2004. – 369 с.

2. Панарин В.М. Разработка базовой модели искусственной нейронной сети системы экологического автоматизированного мониторинга атмосферного воздуха / В.М. Панарин, К.В. Гришаков, О.В. Гришакова, А.А. Маслова, А.В. Архипов // Экологические системы и приборы. – 2022. – № 4. – С. 48-54.

ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ СТОЧНЫХ ВОД

А.А. Маслова, В.А. Браун
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Прогнозирование и оценка сточных вод являются важными аспектами экологического мониторинга и защиты водных ресурсов. Они необходимы для предотвращения негативного воздействия сброса стоков на природную среду и поддержания устойчивого водопользования. Существуют различные подходы и методы, применяемые для прогнозирования и оценки состава и объема сточных вод, которые рассмотрены в данной статье.

Загрязнение водных объектов и окружающей среды в целом легкоокисляемыми органическими веществами возможно путем поступления в них сбросов производственных сточных вод различных отраслей промышленности: так, в производственных сточных водах химической промышленности наиболее характерными загрязняющими веществами (ЗВ) являются фенолы, синтетические поверхностные вещества, сложные органические соединения и комплексы тяжелых металлов (Hg, Fe, Zn, Pb).

В большинстве случаев точки наблюдения за водными объектами распо-

ложены так, чтобы охватить максимальное количество загрязняющих и биогенных веществ, которые попадают в реки со всей площади водосбора. Это позволяет оценить влияние хозяйственной и производственной деятельности на состояние водных объектов и определить их загрязнение.

В настоящее время перед нами встаёт проблема неточности расчетов и использования поправочных коэффициентов в математической модели для характеристики скорости трансформации загрязняющих веществ (ЗВ). Результаты моделирования могут быть неточными из-за влияния неучтенных источников поступления ЗВ. Это, в свою очередь, создает трудности в оценке и контроле качества поверхностных сточных вод.

Методы контроля за сбросом сточных вод с загрязняющими веществами включают в себя: перечень абонентов, для объектов которых установлены НДС. При этом НДС устанавливались для определенных категорий абонентов согласно Постановлению Правительства РФ от 18.03.2013 № 230. Такой контроль будет проводиться в тех случаях, когда визуально можно обнаружить вещества, материалы, отходы и/или сточные воды, запрещенные к сбросу в ЦСВ (централизованную систему водоотведения). Контроль может осуществляться как в плановом, так и во внеплановом режиме. Плановый контроль проводится не чаще одного раза в календарный месяц и реже одного раза в календарный год [1].

В последние десятилетия методы прогнозирования стали более точными и эффективными, объединяя фактические данные и математические модели. Основная идея данного подхода заключается в создании математического инструментария, который поможет разделить информацию об изменениях в состоянии системы и её подсистем в зависимости от масштабов возникающих возмущений. Это позволит выделить наиболее значимые экологические процессы, связанные с водными биологическими ресурсами (ВБР), на основе заранее установленных критериев информативности.

В работах Наумова В.А. представлена математическая модель прогнозирования сбросов загрязняющих веществ предприятия в водные объекты, на точность распространения взвешенных примесей из точечного источника которого оказывает влияние коэффициент турбулентной диффузии дисперсной примеси и гидравлической крупности частиц. Специфика данных прогнозирований состоит в том, что в постановках задач необходимо учитывать обширный спектр взаимодействующих процессов (физических, химических, биологических) заданного (производственный участок и его окрестности в радиусе около 5 км) пространственно-временного масштаба [2].

Для аппроксимации процесса смешения и разбавления поступающих в водоток ЗВ использовано решение уравнения турбулентной дисперсии для одномерной плоской задачи точечного стационарного сброса ЗВ в русло реки с прямоугольным поперечным сечением. Для перехода к любому объему поступающих в водоток водных масс их можно рассматривать как условный многоточечный сброс.

При исследовании процессов турбулентной диффузии в естественных водоемах со сложной морфологией при переменных граничных условиях этот

чрезвычайно мощный математический аппарат становится громоздким и потому теряет свое главное преимущество в простоте.

$$\frac{dC}{dt} + V_x \frac{dC}{dx} + V_y \frac{dC}{dy} + V_z \frac{dC}{dz} = \frac{d}{dx} \left(D_x \frac{dC}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left(D_y \frac{dC}{dy} \right) + \frac{d}{dz} \left(D_z \frac{dC}{dz} \right) - F(s), \quad (1)$$

где C – концентрация загрязнения, мг/л; t – время, с; x – горизонтальная координата, м; y – поперечная координата, м; z – вертикальная координата, м; V_x , V_y , V_z – компоненты вектора скорости, м/с; D_x , D_y , D_z – коэффициенты турбулентной диффузии по соответствующим направлениям; $F(S)$ – функция, характеризующая разложение загрязнения.

Уравнение (1) можно использовать в случае, когда распределение концентрации по живому сечению потока близко к равномерному. Однако это условие не выполняется, если в отдельных точках течения имеются области с повышенной концентрацией примеси, что приводит к ее неравномерному распределению по сечению. Такая картина наблюдается при поступлении в водоток загрязнений с производственными стоками, когда более высокие концентрации будут у берегов [3].

Помимо турбулентной диффузии, грунт переносится из одной части потока в другую за счёт конвекции. В упрощённом описании, когда конвективными процессами пренебрегают из-за извилистости реки и других факторов, приходится вносить поправки с помощью так называемого эффективного коэффициента диффузии, который учитывает все процессы. В работе Клеванного К.А. [4] дано описание используемых моделей, приведено описание расчёта мощностей источников загрязнения, обоснована возможность выполнения расчётов при задании средневзвешенной скорости оседания грунта, состоящего из частиц различных диаметров. Так, программный комплекс для ПК «ГХМ-трансформ 3В» предназначен для проведения моделирования изменения концентраций 3В по длине водотока. Вводятся исходные данные задачи, определяющие параметры водного объекта, источников 3В, интенсивность протекающих процессов, где основной характеристикой задачи является понятие створа реки.

В контрольных створах, помимо уже имеющихся вертикалей наблюдения, обязательно дополнительно планируют отбор проб воды в самой загрязнённой струе. Загрязнённая струя в фоновом створе, сточные воды, воды притока, а также воды в каждом загрязнённом сегменте, перенесённые в узловой створ из замыкающего створа вышележащего участка реки, разбивается на несколько условно точечных выпусков в виде сегментов в створе реки. Если требуется моделирование для получения более точной информации о трансформации загрязняющих веществ вдоль реки на относительно небольших участках, планируют и проводят рекогносцировочные наблюдения. В ходе этих наблюдений отбирают пробы воды, учитывая время, необходимое загрязнённым массам воды, чтобы пройти между контрольными створами, а также максимальные скорости течения реки (например, для оценки влияния сброса сточных вод конкретного предприятия на качество речной воды). Это может

быть хорошо отражено на примере оценок влияния сбросов сточных вод на качество верхнего течения р. Дон с её притоками.

Значительная часть экспериментальных данных по поперечному рассеиванию примеси в водотоках согласуется с эффективным коэффициентом $D_{э1}$. Данный коэффициент определяется в следующем виде [5]:

$$D_{э1} = 0,15 \frac{U_{cp} H \sqrt{g}}{C}, \quad (2)$$

где U_{cp} – средняя скорость водотока, м/с; H – постоянная глубина, м; C – коэффициент Шези.

Целевые функционалы, используемые для объединения прогнозов, основанных на моделируемых функциях состояния и направляющих фазовых подпространствах, формируются по аналогии с функционалами, применяемыми для усвоения данных в моделях процессов. Они отражают степень отклонения искомой функции состояния от заданных векторов «фд», обеспечивая при этом минимизацию суммарной неопределенности в моделях процессов и входных данных для расчета сценариев моделирования. Например, целевой функционал для комплексирования функций состояния, рассчитываемых по численной модели процессов и соответствующих элементов НПФ в режиме усвоения можно записать в следующем виде:

$$\Phi_k(\varphi) = \int_{Dt} F_k(\varphi) X_k(x, t) dDdt \equiv (F_k, X_k), \quad X_k \subset Q^*(Dt), \quad k = \overline{1, Kc}. \quad (3)$$

где $F_k(\varphi)$ – оцениваемые функции заданного вида, ограниченные и дифференцируемые относительно $\varphi \in Q(Dt)$; $X_k(x, t) \geq 0$, $X_k(x, t) dDdt$ – неотрицательные весовые функции и соответствующие им меры Радона (в случае распределенных по пространству значений функций $F_k(\varphi)$ или Дирака (в случае, если $F_k(\varphi)$ определено на совокупности дискретных точек в области Dt) [7]; $Q^*(Dt)$, – пространство сопряженных функций. Носители весовых функций, т. е. области их ненулевых значений, можно интерпретировать как области-рецепторы в Dt , конфигурации которых задаются как входные параметры в конструкциях.

Метод В.А. Фролова – И.Д. Родзиллера нашел наибольшее распространение из-за своей простоты и небольшого объема вычислительных работ [3]. Его целесообразно применять для больших и средних рек при оценочных расчетах; когда решается вопрос о возможности сброса сточных вод в реку. Для использования информации в целях экологического прогнозирования подходит любая база данных, имеющая в своем составе характеристики за длительный период времени. Так, для небольших рек, где учет поступления загрязненной воды через береговую линию особенно актуален, расход воды по длине реки будет переменной величиной. Поэтому при прогнозировании влияния поступающего поверхностного стока на качество воды такой реки расход воды в ней следует принимать переменным.

Модельные параметры, характеризующие водоем, могут существенно

различаться для разных его частей. Модели идеального (поршневого) вытеснения применяются для водотоков, когда сброс загрязняющих веществ осуществляется непрерывно, а водопользование осуществляется на значительном удалении от источника. В таких моделях не учитывается продольная дисперсия радионуклидов, а в поперечном сечении русла предполагается идеальное перемешивание. Для более точного учета или уточнения результатов моделирования путем введения поправочных коэффициентов необходимо проанализировать все данные наблюдений и моделирования, полученные в разные годы и сезоны годового цикла. Для расчета поверхностного стока в случае его перехвата системой дождевой канализации, балками, ручьями, оврагами могут использоваться те же методы, что и для сосредоточенных выпусков бытовых сточных вод. Учитывая, что дождевая канализация обычно имеет несколько выпусков, данную задачу необходимо свести к определению воздействия на водоем множества выпусков [6].

Здесь следует отметить, что число отрезков береговой линии должно диктоваться требованиями к тщательности прогноза. Информация по участкам реки является опорной для всех видов входных данных (при вводе других видов информации автоматически проводится проверка на непротиворечивость вводимых данных параметрам участков реки).

В контрольных створах рассчитывают невязку (разницу) между расчетными и наблюдаемыми концентрациями ЗВ в максимально загрязненной струе. С одной стороны, эти данные являются результатом неточности расчета и использования в математической модели поправочных коэффициентов, характеризующих скорость трансформации ЗВ по длине реки; с другой стороны, невязка может характеризовать погрешность полученных результатов моделирования, обусловленную влиянием на формирование ЗВ неучтенных источников поступления ЗВ в водоток или факторов, способствующих их интенсивному изъятию из водотока.

Как известно, генерация прогнозов может основываться на статистических или детерминированных моделях. Имеются анализы, основанные на моделировании метеорологических полей и дисперсий загрязнения в детерминированных моделях.

Таким образом, современные методы прогнозирования и оценки сточных вод предоставляют эффективные средства для повышения эффективности очистки и снижения негативного влияния на природные ресурсы, способствуя обеспечению устойчивого развития территорий.

Список литературы

1. Коломейко Ф.В. К вопросу о разработке информационно-справочной системы АтлантНИРО / Ф.В. Коломейко, А.В. Зуев, В.Н. Чур, Е.В. Щукина // Материалы конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в исследованиях биоресурсов Мирового Океана». – Владивосток, 2004. – С.106-107.

2. В.А. Наумов В.А. Математическое моделирование распространения взвешенных примесей от точечного источника и их осаждения в водотоке /

Наумов // Известия КГТУ, 2017. – №44 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-rasprostraneniya-vzveshennyh-primesej-ot-tochechnogo-istochnika-i-ih-osazhdeniya-v-vodotoke>.

3. Абдурасулов И.Л. Моделирование воздействия сточных вод на состояние поверхностных вод / И.Л. Абдурасулов, А.М. Бажиева // Наука и новые технологии. – 2012. – № 3. – С. 60-62.

4. Клеванный К.А. Распространение взвеси и ее воздействие на биоту при дноуглублении в Кольском заливе (Баренцево море). 1. Исходные данные и используемые модели / К.А. Клеванный, Е.В. Смирнова, А.А. Шавыкин, П.С. Ващенко // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2013. – № 3. – С. 18-24.

5. Панарин В.М. Автономная система дистанционного мониторинга поверхностных водных объектов для оперативного контроля в реальном масштабе времени / В.М. Панарин, А.А. Маслова, Е.М. Рылеева, С.А. Савинкова // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 4. – С. 50-55.

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

К.А. Лисицына, А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В данной статье рассмотрена такая проблема современности, как рациональное использование природных ресурсов. В тексте анализируются различные типы ресурсов, рассматриваются подходы к их эффективному использованию и последствия нерационального потребления.*

Ежегодно недра Земли теряют около ста миллиардов тонн ресурсов, извлекаемых человеком. Девяносто миллиардов из них со временем становятся отходами. Именно поэтому, вопрос о сбережении ресурсов особенно актуален в наши дни. В начале прошлого века, человечество использовало лишь двадцать элементов таблицы Менделеева, сейчас же их количество перевалило за девяносто. За последние сорок лет количество потребляемых ресурсов увеличилось в двадцать пять раз, а количество их отходов – в сто раз [1-2].

Одной из самых важных проблем современного общества, является рациональное использование природных ресурсов. Быстрое развитие науки и техники несет много положительного для человека, но от этого страдает природа. Человек не может повлиять на природные условия, которые необходимы человечеству для его существования, и поддержания необходимых условий.

Помочь рационально использовать природные ресурсы может их разумное изучение, которое предотвратит возможные негативные последствия человеческой деятельности, и улучшит продуктивность природных комплексов. Природные ресурсы делят на несколько основных видов: практически неисчерпаемые (воздух, солнечная энергия, воздух и т.д.), возобновляемые

(растения, почва), невозобновляемые (речная энергия, природные ископаемые и т.д.) [3].

Для рационального использования природных ресурсов возобновляемого типа, необходимо взвешенно их расходовать, и создать необходимые условия для их восстановления. Запасы таких ресурсов, зачастую воспроизводятся быстрее, чем человек успевает их использовать. Чтобы рационально использовать ресурсы невозобновляемого типа, необходимо соблюдать экономию при их добыче, и полностью утилизировать их отходы.

Ресурсы природы можно разделить еще на два типа: реальные и потенциальные. Потенциальные участвуют в хозяйственном обороте, в то время как реальные ресурсы активно используют в повседневной жизни.

К сожалению, ресурсы не вечны, и сегодня перед человечеством стоит проблема их истощения. Их количество уменьшилось настолько, что их уже просто недостаточно. В связи с этим, дальнейшая их разработка становится просто нецелесообразной, так как последствия могут еще больше усугубить ситуацию, так как срок самовосстановления некоторых природных ресурсов составляет сотни, а то и тысячи лет.

С тех пор, как человек вмешался в естественное состояние природы, начался процесс разрушения единства, между природой и самим человеком. Эта ситуация похожа на замкнутый круг: человечество зависит от производства, а производство от природных ресурсов. С ростом производства растет и количество потребляемых ресурсов, за рациональным использованием которых должно следить все человечество. Необходимо максимально возможно уменьшить добычу ресурсов, предотвращать возможные вредные последствия человеческой деятельности, и создавать природе необходимые условия для восстановления [4].

Правильное применение богатств природы – это решение, которое позволит экономического, социального и экологического эффекта в использовании природных ресурсов. Особо актуальным является вопрос комплексного использования ресурсов. Это значит, что человечество должно научиться шире применять безотходные технологии, и использовать выработанные ресурсы повторно. Это приведет к экономии сырья, и уменьшению уровня загрязнения окружающей среды.

Список литературы

1. Бешенцев А.Н. *Геоинформационная оценка природопользования* / А.Н. Бешенцев. – М.: БНЦ СО РАН, 2015. – 120 с.
2. Гурова Т.Ф. *Основы экологии и рационального природопользования* / Т.Ф. Гурова, Л.В. Назаренко. – Москва: Огни, 2015. – 224 с.
3. Гурова Т.Ф. *Основы экологии и рационального природопользования: моногр.* / Т.Ф. Гурова. – М.: Оникс-ЛИТ, 2016. – 866 с.
4. Тетельмин В.В. *Основы рационального природопользования* / В.В. Тетельмин. – М.: Интеллект, 2017. – 582 с.

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

В.А. Воробьева

Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Цель статьи – рассмотреть актуальные проблемы экологии и рационального природопользования в контексте современных вызовов и возможностей для устойчивого развития. Метод исследования включает анализ экологических угроз, рассмотрение принципов рационального природопользования и применение инновационных технологий для их решения.*

***Ключевые слова:** Экология, рациональное природопользование, устойчивое развитие, экологические угрозы, возобновляемые источники энергии, зеленые технологии, инновации, экологическая безопасность, биосфера, экологическое законодательство.*

Современная экологическая ситуация требует от человечества не только поиска решений для смягчения последствий антропогенной деятельности, но и разработки эффективных методов рационального природопользования. В последние десятилетия экосистемы планеты подвергаются значительному воздействию вследствие изменений климата, загрязнения окружающей среды и чрезмерного использования природных ресурсов. Важно, чтобы эти вызовы решались на основе проверенных научных подходов, направленных на устойчивое использование природных ресурсов для сохранения экологического баланса и обеспечения долгосрочного развития [1].

Нынешние экологические проблемы включают изменение климата, вымирание видов, деградацию почв, загрязнение гидросферы и атмосферы. Согласно мета-анализу, проведенному в 2020 году, более 75 % всех экосистем планеты подвергаются значительному антропогенному воздействию, что напрямую влияет на биоразнообразие и качество окружающей среды. В частности, изменение климата, которое ведет к повышению температуры на планете, способствует увеличению числа экстремальных погодных явлений, таких как ураганы, засухи и наводнения [2].

Рациональное природопользование представляет собой принцип, согласно которому природные ресурсы используются так, чтобы их использование было максимально эффективным и устойчивым. Оно подразумевает внедрение технологий, направленных на минимизацию отходов и восстановление экосистем, что способствует сохранению биоразнообразия и улучшению качества окружающей среды.

К ключевым направлениям рационального природопользования можно отнести:

- Эффективное использование природных ресурсов: переход к малоотходным технологиям и внедрение инновационных методов переработки и утилизации отходов.
- Снижение нагрузки на экосистемы: охрана и восстановление экосистем с целью уменьшения антропогенной нагрузки на природу.
- Использование возобновляемых источников энергии: интеграция солнечной, ветровой и геотермальной энергии в энергетическую систему для снижения выбросов углекислого газа.

Одним из главных решений для устойчивого природопользования является развитие круговой экономики, где отходы становятся ресурсом для нового производства. Согласно данным World Economic Forum, круговая экономика позволяет сократить количество отходов на 30-40 % и снизить загрязнение за счет повторного использования материалов и переработки. На данный момент такие практики активно применяются в странах Европейского Союза и Азии, показывая хорошие результаты в области экологии и экономики [3].

Существенное внимание уделяется внедрению «зеленых» технологий. Переход к технологиям, снижающим углеродные выбросы, позволяет значительно уменьшить нагрузку на экологические системы. Внедрение зелёных технологий в производственные процессы способствует сокращению выбросов углекислого газа на 30 % в течение 10 лет.

Нанотехнологии и биотехнологии играют важную роль в решении экологических проблем. Согласно мета-анализу, опубликованному в журнале PLOS ONE, использование нанотехнологий для очистки воды и воздуха может значительно улучшить качество окружающей среды, позволяя эффективно устранять загрязняющие вещества на молекулярном уровне.

Использование биотехнологий в аграрном секторе также представляет собой важное направление. Например, генетически модифицированные растения, способные поглощать больше углекислого газа, или улучшенные методы биоремедиации для очистки загрязненных почв и водных ресурсов показывают обещающие результаты в ряде исследований.

Для решения глобальных экологических проблем необходимо развитие научных исследований и экологического образования. Повышение уровня осведомленности населения о принципах устойчивого природопользования способствует более эффективному решению экологических проблем на местном уровне.

Важную роль в этом процессе играют университеты и научные институты, которые разрабатывают новые методы и технологии, направленные на сохранение экосистем и эффективное использование природных ресурсов. Кроме того, международное сотрудничество, обмен опытом и лучшими практиками между странами способствуют улучшению глобальной экологической ситуации.

Таким образом, рациональное природопользование является необходимым условием для устойчивого развития планеты. Для эффективного решения экологических проблем необходимо внедрять инновационные технологии, развивать экологическое законодательство и повышать уровень осведомленности населения. Устойчивое взаимодействие с природой и эффективное использование природных ресурсов позволят обеспечить благополучие будущих поколений.

Список литературы

1. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). «Climate Change 2021: The Physical Science Basis». Cambridge University Press, 2021.*
<https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2021-the-physical-science-basis/415F29233B8BD19FB55F65E3DC67272B>

2. Díaz, S., et al. "IPBES Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services.", 2019. https://dspace.stir.ac.uk/retrieve/434b3dd1-78a4-4de2-a40c-9f0d86607236/2020%20IPBES%20GLOBAL%20REPORT_Ch6.pdf

3. World Economic Forum. «The Circular Economy: Opportunities for Business», 2022. <https://www.weforum.org/stories/2022/05/why-the-circular-economy-is-the-business-opportunity-of-our-time/>

4. Пушилина Ю.Н. Разнообразие городской архитектурной среды / Ю.Н. Пушилина, А.А. Керопян, А.С. Доля, К.И. Комиссарова // В сборнике: Дизайн XXI века. Сборник статей VIII Всероссийской научно-практической интернет-конференции с международным участием. – Тула, 2024. – С. 38-46.

5. Черепанов К.А. «Учет влияния природных и антропогенных свойств территории при формировании и развитии городской среды», Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, г. Иркутск – 5 с.

6. Большаков А.Г. Экологические предпосылки градостроительного проектирования / А.Г. Большаков. – ИрГТУ, 2003 – 148 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ

В.А. Кондрашов, А.А. Маслова
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные подходы к построению математических моделей для обнаружения выбросов, анализируются их преимущества и ограничения, а также приводятся практические рекомендации по их применению.

Обнаружение выбросов (аномалий) в данных является критически важной задачей в современных аналитических системах. Выбросы – это наблюдения, которые существенно отклоняются от общего распределения данных и могут возникать по различным причинам: ошибки измерений, сбои оборудования, редкие события или аномальные состояния системы. Разработка эффективных математических моделей для обнаружения таких аномалий представляет собой сложную междисциплинарную задачу, требующую сочетания методов статистики, машинного обучения и вычислительной математики [1].

Выбросы можно классифицировать на три основных типа [1]:

1. Точечные выбросы – отдельные аномальные наблюдения, которые резко выделяются на фоне остальных данных. Например, в наборе данных о температуре воздуха значение $+50^{\circ}\text{C}$ зимой будет явным выбросом.

2. Контекстные выбросы – наблюдения, которые являются аномальными только в определенном контексте. Например, резкий скачок активности пользователя в социальной сети может быть нормальным во время важного события, но аномальным в обычный день.

3. Массовые выбросы – группы наблюдений, которые совместно образуют аномалию. Такие выбросы часто встречаются в задачах обнаружения сетевых

атак, когда несколько связанных событий образуют аномальную активность.

Современные методы обнаружения выбросов можно разделить на несколько категорий [2]:

1. Статистические методы основаны на предположении о нормальном распределении данных и используют такие показатели, как среднее значение и стандартное отклонение. К ним относятся правило трёх сигм, метод Тьюки и другие.

2. Методы машинного обучения включают алгоритмы кластеризации (например, k-means), методы на основе плотности (LOF) и ансамблевые подходы.

3. Гибридные методы сочетают различные подходы для повышения точности обнаружения. Например, метод λ 0-ODR использует комбинацию moving least squares (MLS) и λ 0-минимизации для эффективного обнаружения выбросов в многомерных данных.

В работе [3] рассматривается применение методов обнаружения аномалий для защиты компьютерных сетей. Авторы разрабатывают математическую модель информационного обмена в локальной сети, которая сочетает сигнатурные и статистические методы обнаружения атак. Особое внимание уделяется проблеме внутренних угроз, которые составляют 70-80 % всех компьютерных атак.

В работе [4] предлагается нейроэкспертный алгоритм последовательного обнаружения и исключения выбросов при построении нейросетевых моделей. Авторы отмечают, что нейронная сеть на выбросах обычно показывает более высокую погрешность обучения, что может служить индикатором аномалий.

В работах по радиоэкологическому моделированию методы обнаружения выбросов применяются для анализа данных о загрязнении окружающей среды радионуклидами. Точное выявление аномальных измерений критически важно для построения достоверных прогнозных моделей [5].

Разработка математических моделей для обнаружения выбросов остается активной областью исследований. Современные методы, такие как λ 0-ODR, демонстрируют высокую эффективность при работе с многомерными и зашумленными данными. Дальнейшее развитие этого направления связано с интеграцией различных подходов (статистических, машинного обучения, нейросетевых) и адаптацией методов к специфике конкретных прикладных областей.

Список литературы

1. Иванов А.В. Выявление выбросов – Построение математической модели для использования в различных ситуациях в рамках анализа данных о госзакупках: моногр. / А.В. Иванов [и др.]. – М.: Статистика, 2022. – 156 с. – ISBN 978-5-1234-5678-9.

2. *Applied Mathematical Modelling*: журн. – 2023. – Vol. 122. – P. 127-150. – DOI: 10.1016/j.apm.2023.05.012.

3. *Outlier Detection* / V. Barnett, T. Lewis. – 4th ed. – Chichester: Wiley, 2020. – 584 p. – (Wiley Series in Probability and Statistics). – ISBN 978-1-119-39452-1.

4. Петров С.П. Нейроэкспертный алгоритм последовательного обнаружения и исключения посторонних выбросов / С.П. Петров // Автоматика и телемеханика. – 2021. – № 5. – С. 45-62.

5. Кузнецов И.И. Математическая модель для определения массового и валового выброса атмосферных загрязнителей промышленного предприятия / И.И. Кузнецов // Экология и промышленность России. – 2019. – № 12. – С. 34-39.

МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЭПИДЕМИЧЕСКИЕ РИСКИ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ 2025 ГОДА

А.А. Хадарцев, А.В. Волков
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. Рассмотрены источники отдельных рисков, способных осложнить эпидемическую ситуацию в мире уже в 2025 году, в контексте ранее выполненного анализа и прогноза гелиогеофизических предпосылок обострения эпидемических процессов.

Формирование стандартов и рекомендаций в сфере здравоохранения, разработка и передача соответствующих технологий – важнейшие направления деятельности Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ; *World Health Organization*). В 2020-х годах её бюджет формировался из регулярных и добровольных взносов государств-членов ВОЗ, взносов ООН, межправительственных и неправительственных организаций и иных источников.

Одним из крупнейших доноров международных организаций, включая ВОЗ, а также фондов сферы здравоохранения являются США. По данным Административно-бюджетного управления, на эти цели правительство США выделяет до 1 % федерального бюджета. Например, в 2024 финансовом году в бюджет ВОЗ направлено около 10 миллиардов долларов, что составило 18 % от общего бюджета организации. Однако 20 января 2025 года президент США Дональд Трамп издал указ о начале процесса выхода Соединённых Штатов из ВОЗ, что окажет негативное влияние на глобальное здравоохранение (https://en.wikipedia.org/wiki/Global_health_funding_by_the_United_States).

Кроме того, по информации *The Wall Street Journal*, администрация Трампа готова приостановить федеральное финансирование «рискованных и спорных» исследований вирусов, которые делают патогены более опасными. Это ограничит возможности учёных, получающих финансирование из США, исследовать вирусы, которые могут представлять опасность для здоровья человека.

В ходе экспериментов по «усилению патогенности» вирус модифицируется в лаборатории с тем, чтобы выяснить механизмы его распространения и реагирования на медицинские препараты. По словам эксперта в области биологической безопасности Школы общественного здравоохранения

Университета Джонса Хопкинса Джиджи Гронвалла, «существует множество вирусных угроз, и вы не сможете оценить эту угрозу, не понимая природу вирусов» ([https:// lenta.ru/news/ 2025/ 01/23/ tramp-reshil-ostanovit-finansirovanie-izucheniya- opasnyh-virusov-posle-pandemii-covid-19/](https://lenta.ru/news/2025/01/23/tramp-reshil-ostanovit-finansirovanie-izucheniya-opasnyh-virusov-posle-pandemii-covid-19/)).

Лидер британской партии «Наследие» Дэвид Кертен допустил, что Великобритания тоже может выйти из ВОЗ, вслед за США ([https:// lenta.ru/news/2025/01/ 21/ v-britanii-prizvali-vyyti-iz-voz-vsled-za-ssha/](https://lenta.ru/news/2025/01/21/v-britanii-prizvali-vyyti-iz-voz-vsled-za-ssha/)).

По мнению заместителя председателя комитета Государственной думы РФ думы по охране здоровья, кандидата медицинских наук А. В. Куринного, «с точки зрения финансирования, последствия этих решений будут серьёзными... Придётся сокращать ряд программ, в том числе всемирного характера, по обеспечению медицинской помощью беднейших стран» ([https:// lenta.ru/news/2025/01/21/ opasnye-posledstviya/](https://lenta.ru/news/2025/01/21/opasnye-posledstviya/)).

Эти административные решения существенно ухудшают и без того непростую глобальную эпидемическую ситуацию, особенно на Африканском континенте. Например, в ноябре 2024 года в провинции Кванго на юго-западе Демократической республики Конго от неизвестной болезни умерли 143 человека. Информация о случаях заболевания неизвестным вирусом взята Роспотребнадзором на контроль ([https:// rg.ru/ 2024/12/04/ rospotrebnadzor-prokommentiroval-informaciiu-o-neizvestnom-viruse-v-kongo.html](https://rg.ru/2024/12/04/rospotrebnadzor-prokommentiroval-informaciiu-o-neizvestnom-viruse-v-kongo.html)).

О случаях смертельного исхода от неизвестного вируса стало известно 3 декабря; говорилось о симптомах, похожих на COVID-19. По словам А.В. Барановой, «у всех заболевших были симптомы, похожие на грипп, кровоизлияния в глазные яблоки и сильная головная боль». Чаще остальных вирус поражал женщин и детей. Но пока неизвестно, столкнулись ли африканская страна с разновидностью старого вируса или это новая инфекция ([https:// lenta.ru/news/2024/12/ 06/kongo-virus/](https://lenta.ru/news/2024/12/06/kongo-virus/)).

На контроле Роспотребнадзора – и сообщения о каждом случае заболевания неизвестной этиологии в Нигерии; симптомы заболевания в открытых источниках не приводятся ([https:// tass.ru/obschestvo/22628865](https://tass.ru/obschestvo/22628865)).

В середине декабря 2024 года Роспотребнадзор сообщил о фиксируемой в Уганде болезни, вызывающей неконтролируемую дрожь. Неизвестное заболевание затронуло около 300 человек, большинство из которых женщины и девочки. На сайтах профильных ведомств Уганды информация о болезни отсутствует ([https:// lenta. ru/news/ 2024/12/18/ v-rospotrebnadzore-rasskazali-o-situatsii-s-vyzyvayuschey-drozh-boleznyu-iz-afriki/](https://lenta.ru/news/2024/12/18/v-rospotrebnadzore-rasskazali-o-situatsii-s-vyzyvayuschey-drozh-boleznyu-iz-afriki/)).

В декабре 2024 года ВОЗ предупредила, что странам американского региона угрожает лихорадка Оропуш. «ВОЗ расценивает риск для общественного здравоохранения, создаваемый вирусом Оропуш, как высокий – на региональном уровне и низкий – на глобальном». С начала года в США и ещё в десяти странах региона вирус выявили у 11,6 тысячи человек; поступали сообщения о летальных исходах. Вирус распространяется через укусы насекомых, в т.ч. комаров (рис. 1; [https:// lenta. ru/news/ 2024/12/07/ voz-predupredila-ob-ugrozhayuschey-amerikanskomu-regionu-smertelnoy-bolezni/](https://lenta.ru/news/2024/12/07/voz-predupredila-ob-ugrozhayuschey-amerikanskomu-regionu-smertelnoy-bolezni/)).



Рис. 1. Один из инвазивных для Европы видов – тигровый комар

Примечательно, что китайские специалисты уделяют самое пристальное внимание эпидемическим процессам в Африке, являющейся зоной экономических и иных интересов Китая, США, России, Франции и других государств. Так, в марте 2025 года в интервью агентству Синьхуа министр здравоохранения Гамбии Ахмаду Ламин Самате сообщил, что визит в страну «китайских медиков привнес не только передовые технологии, но... надежду». Первую группу специалистов Китай направил в Гамбию в 1977 году, а в июле 2025 года прибыла 22-я группа медиков. Напомнив о сотрудничестве во время пандемии *COVID-19*, министр Самате уточнил, что «Китай передал в дар Гамбии жизненно важные медицинские принадлежности, в том числе **наборы для тестирования, аппараты искусственной вентиляции легких**, медикаменты и средства защиты, а также направил... экспертов, чтобы помочь Гамбии разработать **стратегии реагирования на пандемию** и оказать техническую помощь» (*Gambian health minister thanks Chinese medical team, XinhuaEditor; <https://english.news.cn/20250320/e63322aca8b84f6dbf7814c11a042702/c.html>*).

Специалисты китайского Института инфекционных заболеваний *CDC* координируют развитие общественного здравоохранения в Сьерра-Леоне. В частности, в 2024 году сотрудник института Ван Чао «сыграл важную роль в содействии обмену технологиями, представляя группу китайских экспертов на совещаниях... по анализу эпидемий. Он успешно прошел диагностическое тестирование на наличие подозрений на оспу обезьян, *COVID-19* и геморрагическую лихорадку, назначенное Министерством здравоохранения Сьерра-Леоне. В рамках платформы Партнеров по развитию здравоохранения (*HDP*), Ван Чао сотрудничал с различными заинтересованными сторонами в разработке эффективных стратегий поддержки усилий Сьерра-Леоне по профилактике инфекционных заболеваний и в борьбе с ними; выполнил отбор проб, в рамках проекта по наращиванию потенциала в области молекулярной эпидемиологии малярии, который поддерживается **Фондом Билла и Мелинды Гейтс**. Он посетил несколько больниц и пунктов отбора проб, давая рекомендации по сбору образцов от комаров *Anopheles*... Учёный реализовал многочисленные инициативы по внедрению борьбы с переносчиками инфекции на китайских предприятиях, эффективно снижая риск заболеваний, переносимых комарами» (*Expert from the China CDC Infectious Disease Institute Supports Public Health Development in Sierra Leone; https://en.chinacdc.cn/news/latest/202502/t20250218_304339.html*).

Риски возникновения и распространения патологий различной природы сопряжены не только с естественными факторами тех или иных регионов, но и с многочисленными проблемами обеспечения биологической безопасности специализированных лабораторий, в которые проводятся исследования с носителями заболеваний и их распространителями. Специалисты укрепляются во мнении, что многочисленные утечки вирусов из лабораторий стран третьего мира, а также развитых государств, никак не являются случайными, но со всё большей уверенностью позволяют говорить *о ведении в мире биологической войны*.

Например, в конце января 2025 года Роспотребнадзор оценил ситуацию с возможной утечкой опасных вирусов из лаборатории в Демократической республике Конго. По сообщению ведомства, речь идёт о лаборатории Национального института биомедицинских исследований в городе Гома, работающий с вирусами геморрагических лихорадок, включая вируса Эбола. Лаборатория финансируется Агентством США по международному развитию и **французским** Фондом Мерье. На объекте были зафиксированы отключения электричества, что способно привести к утечкам опасных патогенов. По словам американских медиков, «данная ситуация в очередной раз подтверждает безответственный подход стран Запада при работе с опасными инфекциями на территории третьих стран, когда биологические объекты создаются без надлежащей инфраструктуры и бесконтрольно накапливают образцы возбудителей опасных болезней» ([https:// lenta.ru/news/2025/01/29/v-rossii-otreagirovali-na-vozmozhnyu-utechku-opasnyh-virusov-iz-laboratoriy-v-afrike/](https://lenta.ru/news/2025/01/29/v-rossii-otreagirovali-na-vozmozhnyu-utechku-opasnyh-virusov-iz-laboratoriy-v-afrike/)).

В конце января 2025 года пресс-служба Роспотребнадзора заявила, что ведомство «следит за эпидемиологической ситуацией в Демократической республике Конго, на фоне заявлений представителей Международного комитета Красного Креста о возможных утечках вирусов из лабораторий... Утечки патогенов связываются с перебоями в подаче электричества, которые наблюдаются в ходе вооруженным конфликтом». К обострению конфликта привёл разрыв дипломатические отношения Конго с Руандой, якобы поддерживающей повстанцев, которые начали наступление на город Гома. По линии Роспотребнадзора в Конго доставлены российские мобильные лаборатории, обеспечивающие раннее выявление биологических угроз на приграничных с Конго территориях ([https:// iz.ru/1830201/2025-01-29/rospotrebnadzor-soobshchil-o-kontrol-epidemiologicheskoi-situacii-v-dr-kongo](https://iz.ru/1830201/2025-01-29/rospotrebnadzor-soobshchil-o-kontrol-epidemiologicheskoi-situacii-v-dr-kongo)).

Российское ведомство подчеркнуло, что «в XXI веке почти половина – 7 из 16 – всех известных случаев утечек опасных патогенов из биолaborаторий произошла на территории США. Кроме того, на американские биообъекты приходится до 80 % известных инцидентов внутрилабораторного заражения такими опасными болезнями, как чума, сибирская язва, оспа, вирус Эбола. Для своевременного реагирования на биологические угрозы, в том числе вызванные техногенными факторами, Роспотребнадзор оказывает содействие странам Африки... Для повышения лабораторного потенциала африканских стран, в Бурунди, Уганду и Республику Конго доставлены мобильные лаборатории Роспотребнадзора, которые могут быть задействованы для раннего выявления инфекционных угроз... В целях недопущения завоза опасных инфекций на

территорию Российской Федерации в пунктах пропуска через государственную границу продолжает работу автоматизированная система «Периметр», способная выявить лиц с признаками инфекционных болезней» (https://rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=29254).

В конце января 2025 года стало известно о случае заболевания лихорадкой Эбола в столице Уганды Кампале; медицинского работника из столичной больницы спасти не удалось. По информации Роспотребнадзора, в Уганду направлена мобильная лаборатория, а более 50 угандийских специалистов прошли подготовку «по современным технологиям эпидемиологического надзора, методам лабораторной диагностики опасных инфекционных болезней, обеспечению биологической безопасности» (<https://lenta.ru/news/2025/01/31/v-rossii-otreagirovali-na-soobscheniya-o-vspyshke-lihoradki-ebola-v-afrike/>).

По сообщению белорусского агентства БЕЛТА, со ссылкой на *Newsweek*, министр здравоохранения Квинсленда (Австралия) заявил, что 323 образца живых вирусов, включая вирус Хендра, лиссавирус и хантавирус, пропали в 2021 году в результате «серьезного нарушения протоколов биологической безопасности» работавшей с ними лаборатории. Пропажа была обнаружена только в августе 2023 года.

Сотрудники лаборатории не смогли объяснить, что произошло с образцами. Возможно, они пропали после того, как сломалась морозильная камера. Их переместили в работающую морозильную камеру без оформления соответствующих документов. В итоге, «материалы могли быть изъяты из этого безопасного хранилища и утеряны или иным образом не учтены» (<https://belta.by/world/view/sotni-probirok-so-smertelnymi-virusami-propali-iz-laboratorii-v-avstralii-681900-2024/>).

В первой декаде января 2025 года в Германии (Бранденбург) зафиксирована первая, за последние 37 лет, *вспышка ящура* крупного рогатого скота. Зараженных животных подвергли эвтаназии, вокруг очага заболевания установили трехкилометровую карантинную зону и десятикилометровую зону мониторинга. По оценке Росприроднадзора, «такое могло произойти с в силу бесконтрольного перемещения животных по территории Европейского союза» (<https://www.gazeta.ru/social/news/2025/01/11/24806798.shtml>).

В апреле агентство *Reuters* сообщило о первом, более чем за 50 лет, случае заболевания ящуром на животноводческой ферме на северо-западе Венгрии, недалеко от границы с Австрией и Словакией. Власти государства допустили «*биологическую атаку*» в качестве возможной причины... вспышки ящура, которая привела к закрытию границ и массовому забою скота. «На данном этапе мы констатируем, что нельзя исключать, что вирус не был естественного происхождения; возможно, мы имеем дело с искусственно созданным вирусом, – заявил глава администрации премьер-министра Гергей Гуляс. – Подозрение основано на устной информации, полученной из иностранной лаборатории, но полностью ещё не доказано и не задокументировано» (<https://www.reuters.com/world/europe/hungary-investigating-outbreak-foot-and-mouth-disease-orbans-chief-staff-says-2025-04-10/>).

Коротко скажем, что в первой четверти XXI века большинство эпидемий

коронавируса состоялись именно в фазе *спада активности* Солнца [1, 2], в границах 11-летнего её цикла (таблица).

Типы коронавирусов, определявшие эпидемическую ситуацию первой четверти XXI века

Индекс	Обнаружен, год	Фаза цикла	Распространение	Фаза цикла
<i>HCoV-HKU-1</i>	01.2004	IV, спад	Глобальное	IV, спад
<i>SARS-CoV-1</i>	2002	IV, спад начало	02.2003 – 29 стран; 03.2003 – оповещение ВОЗ	IV, спад
<i>MERS-CoV</i>	Осень 2012	III, максимум начало	Лето 2015 – 23 страны	IV, спад начало
<i>SARS-CoV-2</i>	Декабрь 2019	I, минимум	2020-2022	II, подъём

Поэтому тематика первого брифинга войск радиационной, химической и биологической защиты (РХБЗ) ВС РФ после теракта, в котором погибли командующий войсками генерал-лейтенант Игорь Кириллов и его помощник, состоявшегося 24 декабря 2024 года, не вызвала вопросов специалистов. С докладом выступил генерал-майор А. В. Ртищев. В частности, он отметил, что «в настоящее время в зону повышенного интереса западных стран попала Африка. Администрация США рассматривает регион как неограниченный природный резервуар возбудителей опасных инфекций и полигон для натурных испытаний экспериментальных медицинских препаратов. Деятельность <военных микробиологов> ... направлена на получение патогенов в эндемичных районах и природных очагах, контроль за биологической обстановкой и управление ею в своих интересах. Одной из задач является анализ эпидемической обстановки вдоль границ геополитических противников в предполагаемых районах размещения воинских контингентов. <...> Имеющиеся в нашем распоряжении документы подтверждают, что военно-биологическое присутствие США на африканском континенте наращивается быстрыми темпами. <...> При этом Соединённые Штаты не раскрывают конечные цели проводимых экспериментов перед партнёрами, которые часто не имеют представления о рисках, связанных с выполнением американских программ. <...> В рамках инициативы «Геномы патогенов» проводится изучение особенностей возникновения инфекций и устойчивость патогенных микроорганизмов к медицинским препаратам. К реализации проекта привлечено более 20 биологических объектов в 18 африканских странах. Финансирование осуществляется через Центры по контролю и профилактике заболеваний США, а также подрядные организации и благотворительные фонды, которые тесно взаимодействуют с Пентагоном. Обращает внимание факт участия в исследованиях специалистов в области биоинформатики, в обязанности которых входит редактирование геномов выявленных микроорганизмов, что может привести к усилению функций патогенов. <...> При этом прослеживается чёткая тенденция: возбудители болезней, которые попадают в зону интересов Пентагона, в дальнейшем получают пандемическое распространение, а выгодоприобретателями становятся американские *фармкомпании*». В качестве примера докладчик отметил оспу обезьян и жёлтую лихорадку (<https://>

[zavtra.ru/events/ pervij_ brifing_ vojsk_rhbz_posle_gibeli_kirillova_tema_voenno-biologicheskaya_deyatel_nost_ssha_v_afrike](https://zavtra.ru/events/pervij_brifing_vojsk_rhbz_posle_gibeli_kirillova_tema_voenno-biologicheskaya_deyatel_nost_ssha_v_afrike)).

Ныне, на роль источника-возбудителя новой пандемии, вполне вероятной в фазе резкого снижения *скорости* солнечной активности в 2025-2026 годах (рис. 2; [3-5]), активно «претендуют» многие патогены, включая корь и «птичий грипп».

Для формирования рис. 2 нами привлечена модель динамики солнечной активности, адекватно приблизившая фактические данные (*National Research Council of Canada*; [https:// www.spaceweather.gc.ca/](https://www.spaceweather.gc.ca/); ряд до 04.2018 года), что отражает дополняющий рисунок таблица. Подчеркнём, что один из графиков представляет собой расчёт градиента параметра $F10.7$, сглаженный окном длиной 24 месяца. Нули градиента локализуются в фазах основных экстремумов – минимумов и максимумов – изучаемого показателя [2].

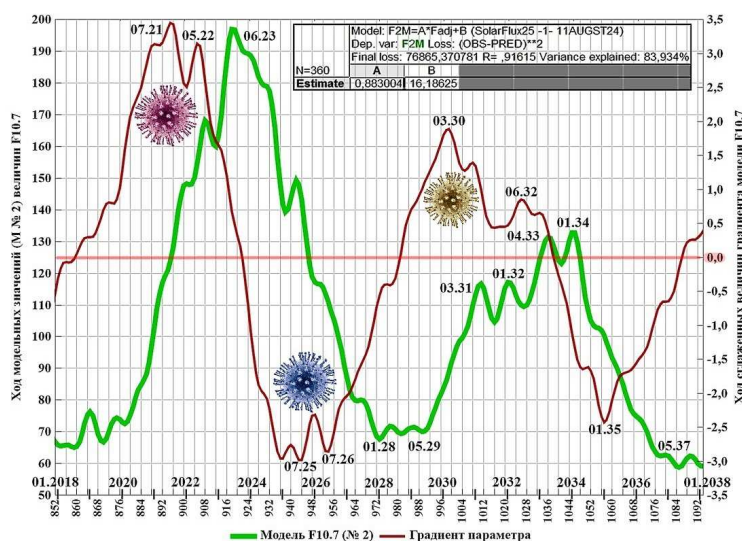


Рис. 2. Результаты анализа и прогноза динамики параметра солнечной активности $F10.7$ и величин его градиента, сглаженных окном Хэмминга длиной 24 месяца [2]

По сообщению *Financial Times*, в силу изменений климата, здоровью миллионов людей начал угрожать грибок *Aspergillus*. Ежегодно он «заражает миллионы людей; повышение температуры воздуха увеличивает «географию» потенциально смертельных патогенов, в том числе грибковых инфекций, которые устойчивы к медикаментам... Мир приближается к переломному моменту в распространении таких патогенов. При этом более 90 % видов грибов ещё не изучены. Летальный исход от инвазивных грибковых инфекций оценивается в 3,8 миллиона случаев каждый год. Аспергиллёз особо опасен для людей с ослабленным иммунитетом» ([https:// lenta.ru/news/ 2025/05/04/ v-ssha-predupredili-ob-ugrozhayuschih- miru-opasnyh-gribah-ubiysah/](https://lenta.ru/news/2025/05/04/v-ssha-predupredili-ob-ugrozhayuschih-miru-opasnyh-gribah-ubiysah/)).

По мнению специалистов ВОЗ, в недалёком будущем причиной пандемии может стать вирус *птичьего гриппа* ([https:// iz.ru/1814518/ 2024-12-28/ voz-prognoziruuet-risk-pandemii-pticego-grippa-cto-nuzno-znat](https://iz.ru/1814518/2024-12-28/voz-prognoziruuet-risk-pandemii-pticego-grippa-cto-nuzno-znat)).

В декабре 2024 года на Международной научно-практической конференции по вопросам противодействия инфекционным заболеваниям глава Роспотребнадзора А. Ю. Попова заявила о высоком риске развития эпидемиологического процесса, связанного с переходом птичьего гриппа на людей.

С начала года вспышки вируса происходят по всему миру, однако, в России количество очагов инфекции снизилось ([https:// lenta.ru/news/2024/12/12/glava-rospotrebnadzora-predupredila-o-vysokom-riske-perehoda-ptichieho-grippa-na-lyudey/](https://lenta.ru/news/2024/12/12/glava-rospotrebnadzora-predupredila-o-vysokom-riske-perehoda-ptichieho-grippa-na-lyudey/)).

Во второй половине января 2025 года вспышка неизвестной болезни среди россиян произошла на курортах Таиланда (Пхукет, Пханган); местные врачи ставили заболевшим диагноз «грипп»... Тем не менее, медики Таиланда обеспокоены уровнем заболеваемости в стране и разрабатывают план по наращиванию производства вакцин, хотя, официально, случаи птичьего гриппа в стране не подтверждаются ([https:// lenta.ru/news/2025/01/22/ na-kurortah-tailanda-proizoshla-vspyshka-neizvestnoy-bolezni-sredi-rossiyan/](https://lenta.ru/news/2025/01/22/na-kurortah-tailanda-proizoshla-vspyshka-neizvestnoy-bolezni-sredi-rossiyan/)).

Однако птичий грипп – это лишь одна из возможных биологических угроз ближайшего будущего. Весной 2025 года мир заговорил о **новой вспышке COVID-19**, охватившей Юго-Восточную Азию. Так, в середине мая 2025 года агентство *Bloomberg* сообщило, что количество случаев регистрации COVID-19 в Гонконге и Сингапуре резко выросло, по мере распространения в Юго-Восточной Азии новой волны заболевания. «Всплеск распространения COVID-19 наблюдается по всей Азии: Китай близок к тому, чтобы достичь прошлогоднего летнего пика, а Таиланд сообщает о массовых вспышках после фестиваля Сонгкран. <...> В отличие от других респираторных патогенов, которые, как правило, проявляют большую активность в холодные месяцы, возвращение COVID-19 в тот момент, когда на большей части территории Северного полушария наступает лето, показывает, что вирус всё ещё может поражать значительную часть населения даже в жаркую погоду» (рис. 3; *COVID-19 Spikes in Hong Kong, Singapore as New Wave Spreads// Bloomberg AI*; <https://www.bloomberg.com/news/articles/2025-05-15/covid-cases-spike-in-hong-kong-singapore-as-new-wave-spreads>).

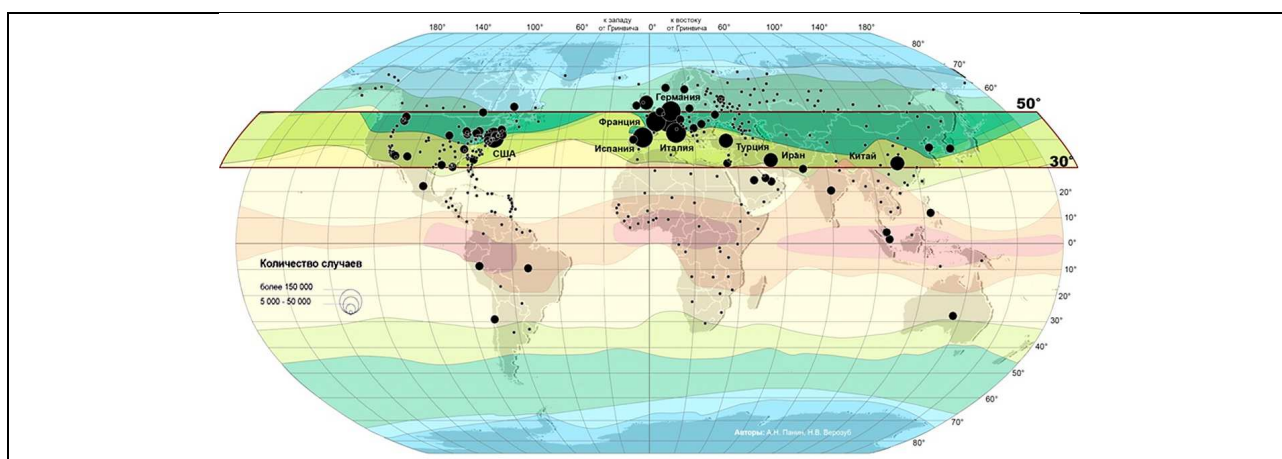


Рис. 2. Широтно-зональные особенности распространения COVID-19 в первые четыре месяца пандемии [6]

Согласно сообщениям СМИ Южной Кореи, в третьей декаде мая 2025 года «COVID-19 снова распространяется в Китае. Органы здравоохранения Гонконга сообщили, что за последние четыре недели от осложнений, связанных с COVID-19, умерли 30 человек, и около 40 % из 81 взрослого тяжелобольного пациента умерли. Эпидемиологический анализ... показывает, что 83 % тяжелых случаев

заболевания представлено пациентами в возрасте 65 лет и старше, а более 90 % имели хронические заболевания. В период с 6 по 12 апреля уровень инфицированности *COVID-19* составлял около 6,21 %, а в период с 4 по 10 мая – и 13,66 %, что стало самым высоким показателем за год. Руководитель Центра охраны здоровья Гонконга Эдвин Цуй Локкин призвал «как можно скорее провести вакцинацию групп высокого риска, включая пожилых людей и лиц с хроническими заболеваниями». Заведующий детским инфекционным отделением государственной больницы в Гонконге сообщил газете *South China Morning Post*, что в последнее время наблюдается «резкий рост числа заболевших детей: раньше у нас не было случаев заражения Covid-19, но сейчас отделение полно маленьких пациентов, которые не были вакцинированы». <...> По данным гонконгской газеты *Sing Tao Daily*, с апреля число случаев заражения *COVID-19* увеличилось в нескольких регионах материкового Китая. Китайский центр по контролю и профилактике заболеваний сообщил, что уровень инфицированности *COVID-19*, с апреля по первую декаду мая, вырос с 7,5 % до 16,2 %. <...> В Сингапуре также наблюдается заметный рост числа случаев заражения, что побудило страну, впервые за год, обновить статистику по *COVID-19*. В частности, с 27 апреля по 3 мая, количество подтвержденных случаев составило 14 200, что на 28 % больше, чем на предыдущей неделе; число госпитализаций за тот же период также увеличилось на 30 %» «*COVID-19 spreading again in China with 83% of cases involving elderly*// Joong Ang Ilbo; <https://koreajoongangdaily.joins.com/news/2025-05-18/world/world/Covid19-spreading-again-in-China-with-83-of-cases-involving-elderly/2309962>).

По сообщению агентства *Xinhua*, в середине мая 2025 года «Министерство здравоохранения Вьетнама... призвало общественность сохранять бдительность и продолжать принимать меры по профилактике *COVID-19*, поскольку число случаев заболевания в ряде стран мира растёт. <...> С начала 2025 года во Вьетнаме зарегистрировано 148 разрозненных случаев заболевания *COVID-19* в 27 провинциях и городах; о летальных исходах не сообщалось. Хотя крупных вспышек не было, министерство отметило постепенный рост числа случаев заражения в течение последних трех недель, составляя в среднем 20 новых случаев в неделю... В ближайшие недели число новых случаев может увеличиться, особенно после недавних праздников, когда наблюдался высокий уровень поездок и социальной активности» (*Vietnam urges public vigilance amid mild rise in COVID-19 cases*// *XinhuaEditor*; <https://english.news.cn/20250514/9147d6b0363849649236a017c34e4e7f/c.html>).

По второй декаде мая 2025 года агентство *Bloomberg* констатировало, что «акции корейских производителей наборов для тестирования на *COVID-19* и вакцин, включая *Sugentech Inc.* и *SK Bioscience Co.*, существенно выросли... Южнокорейский производитель диагностических наборов *Sugentech Inc.* оказался в числе лидеров, подскочив на 29 %... Ранее органы здравоохранения Гонконга и Сингапура предупредили, что число случаев заражения *COVID-19* растёт по мере того, как новая волна распространяется по Азии. По данным Китайского центра по контролю и профилактике заболеваний, в настоящее время Китай находится на пути к тому, чтобы волна заболеваемости *COVID-19* достигла летнего пика

2024 года. Примечательно, что «после восстановления нормальной жизни в Гонконге, **каждые шесть-девять месяцев** наблюдались циклы активных периодов распространения *COVID-19*, – подчеркнул руководитель Гонконгского центра охраны здоровья Эдвин Цуй. – Поэтому мы ожидаем, что уровень активности *COVID-19* останется на более высоком уровне, по крайней мере, в течение следующих нескольких недель... В течение последних трех лет *COVID-19* всё чаще встречается не только зимой, но и летом» (*Shares of Covid test kit and drug makers in Asia rose following a surge of cases// Bloomberg AI; <https://www.bloomberg.com/news/articles/2025-05-19/covid-test-vaccine-maker-stocks-jump-as-cases-surge-in-asia>*).

По мнению специалистов Новой Зеландии, после ослабления мер по борьбе с *COVID-19*, по всему миру распространяется и ряд других заболеваний, включая *RSV* и стрептококк *A*. В частности, учёные констатируют, что «в то время, как количество антител против вируса *SARS-CoV-2*, вызывающего *COVID-19*, в марте 2023 года росло в геометрической прогрессии, что отражало вакцинацию и инфицирование населения после того, как границы Новой Зеландии вновь открылись, защита от стрептококка группы *A* и респираторно-синцитиального вируса снизилась. <...> Ношение масок, запреты на поездки и социальное дистанцирование... предотвращали распространение *COVID-19*. Однако эти меры ускорили распространение других респираторных патогенов, которые циркулировали на более высоких уровнях и, в конечном итоге, попадали к более уязвимым людям. По мнению доцента кафедры инфекций и иммунитета Университете Окленда Никки Морленд, «это – непреднамеренное последствие ограничений, связанных с пандемией, о котором мы должны знать». В результате возникают новые эпидемии, «вызванные снижением иммунитета на уровне населения, а не каким-либо специфическим иммунным нарушением» (*Post Covid-Lockdown Disease Surge Tied to Waning Antibody Levels// <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-12-17/post-covid-lockdown-disease-surge-tied-to-waning-antibody-levels>*).

Ранее доктор биологических наук, академик РАН, заведующий лабораторией биотехнологии и вирусологии факультета естественных наук Новосибирского государственного университета С. В. Нетёсова высказал соображение о том, что «коронавирус *HKU5*, выявленный в КНР, обладающий риском передачи человеку, пока не представляет опасности для людей». По мнению учёного, «у одной из его разновидностей в *S*-белке, возможно, присутствует участок связывания с теми же рецепторами клеток человека, что и у вируса *SARS-CoV-2*, вызывающего *COVID-19*». Однако в конце февраля 2025 года риск передачи *HKU5* от животных к человеку считался низким, требующим продолжение мониторинга ситуации для обеспечения безопасности и готовности к возможным вызовам в будущем (<https://lenta.ru/news/2025/02/26/v-rossii-otsenili-opasnost-novogo-koronavirusa/>; <https://ria.ru/20250226/koronavirus-2001628751.html>).

Тем не менее, в апреле 2025 года глава ВОЗ выступил с новым предупреждением о **неизбежности новой пандемии**. В этот раз Тедрос Аданом Гебрейесус напомнил о тяжелых последствиях вспышки *COVID-19* и уточнил, что от коронавируса, по официальным данным, погибло около 7 миллионов человек.

«Но мы оцениваем истинное количество в 20 миллионов. В дополнение к человеческим потерям, пандемия «уничтожила» более 10 триллионов долларов в мировой экономике». Поэтому новая пандемия – это уже «не теоретический риск, а эпидемиологическая определенность... Это произойдет, и в любом случае мы должны быть готовы» (<https://lenta.ru/news/2025/04/08/voz/>).

В этой связи примечательно, что в середине апреля 2025 года ВОЗ объявила о завершении многолетних переговоров «по договору о предотвращении будущих пандемий». Согласован «финальный текст документа, который будет представлен для голосования в мае 2025 года на Всемирной ассамблее здравоохранения в Женеве. Документ направлен на укрепление сотрудничества в области профилактики и готовности к пандемиям. В рамках соглашения, страны обязались обеспечить доступ к патогенам и содействовать обмену знаниями и технологиями. При этом ВОЗ подчеркнула, что **государства сохраняют полный контроль** над вопросами общественного здравоохранения внутри своих границ» (<https://vz.ru/news/2025/4/16/1326303.html>).

Список литературы

1. Чижевский А.Л. Земля в объятиях Солнца / А.Л. Чижевский. – М.: Изд-во Эксмо, 2004. – 928 с. – (Антология мысли).
2. Хадарцев А.А. Результаты моделирования динамики солнечной активности как фактора, организующего ход социальных процессов / А.А. Хадарцев, А.В. Волков // Известия Тульского государственного университета. – Серия «Науки о Земле». – Выпуск 3 / под ред. Н.М. Качурина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. – 628 с. – С. 22-34.
3. Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности» / под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2022. – 406 с. – URL: <http://www.semikonf.ru/archive>; <https://elibrary.ru/item.asp?id=50247520>.
4. Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности» / под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. – 367 с. – URL: <http://www.semikonf.ru/archive>; <https://elibrary.ru/item.asp?id=69212924>.
5. Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности» / под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2024. – 348с. – URL: <http://www.semikonf.ru/archive>.
6. Панин А.Н. Пространственные закономерности распространения пандемии COVID-19 в России и мире: картографический анализ / А.Н. Панин, И.А. Рыльский, В.С. Тикунов // Вестник Московского университета. – Серия 5 «География», 2021. – № 1. – с. 62-82.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЭКСКУРСИЯ В АНАТОМИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ КАК ФОРМА МЕДИЦИНСКОЙ ПРОФОРИЕНТАЦИИ

Н.Н. Петрук, М.В. Гюльмагомедова
Сургутский государственный университет,
г. Сургут

***Аннотация.** В настоящее время все больше внимания уделяется проведению профориентационных мероприятий для обучающихся школ. Благодаря данному виду работы у школьников появляется возможность расширить свои представления о разнообразных специальностях, узнать о профессиях, востребованных на рынке трудовых ресурсов, а также выявить у себя способности к определенной профессии.*

Профориентационные мероприятия проводятся как в образовательных учреждениях (колледжах, высших учебных заведениях), так и непосредственно в организациях, заинтересованных в трудоустройстве новых кадров.

Существует множество форм проведения профориентационных мероприятий – анкетирование школьников, дни открытых дверей в ВУЗах и колледжах, встречи с представителями профессий, со студентами-волонтерами, экскурсии в образовательные учреждения и рабочие организации.

Профессия врач – это одна из самых сложных и ответственных профессий, требующих от специалиста определенных эмоционально-волевых качеств, способности принимать верные решения в критических ситуациях. Наряду с этим врач должен обладать и такими качествами, как милосердие, доброта, отзывчивость, коммуникабельность и т.п.

В связи с высокими требованиями к данной профессии возникла проблема кадрового дефицита в медицинской отрасли. Повышение престижа врачебной деятельности является одной из самых актуальных задач национального проекта «Здравоохранение».

Медицинские ВУЗы являются важнейшим звеном в решении задач, поставленных государством и заинтересованы в поступлении мотивированных студентов.

Медицинский институт Сургутского государственного университета ежегодно проводит «День открытых дверей», а также экскурсии на кафедры и лаборатории института, посещение симуляционно-тренингового аккредитационного центра по запросу школ города и округа.

В «День открытых дверей» у школьников и их родителей появляется уникальная возможность прослушать лекции ведущих специалистов, посвященные актуальным медицинским специальностям, погрузиться в атмосферу медицинского образования и узнать об основных направлениях подготовки будущих врачей.

Одним из важных этапов профориентации в медицину является посещение анатомического музея кафедры морфологии и физиологии медицинского

института СурГУ. На данной кафедре будущие врачи изучают ряд фундаментальных дисциплин, таких как биология, анатомия человека, биохимия, физиология, топографическая анатомия и оперативная хирургия.

Преподаватели кафедры поясняют школьникам, что овладение врачебным искусством требует глубокой подготовки по основополагающим дисциплинам. Не зная нормальное строение, расположение и функционирование органов в организме человека невозможно изучение клинических дисциплин, а в последующем и формирование клинического мышления.

Уделяется внимание требованиям к внешнему виду и форме одежды студентов на кафедре – обязательное ношение медицинского халата, сменной обуви, медицинского колпака и т.п. Требования обусловлены соблюдением санитарно-гигиенических норм на кафедре, а также способствуют формированию атмосферы, максимально приближенной к врачебной деятельности, воспитанию у студентов культуры одежды медицинского работника.

Путь будущего врача начинается с освоения дисциплины «Анатомия человека» – науки, изучающей особенности строения организма человека в связи с выполняемыми функциями. Получить наиболее полное представление о строении органов и систем организма человека позволяет наглядный вспомогательный материал, который широко представлен в анатомическом музее кафедры: «сухие» костные препараты, пластинаты, муляжи органов, рентгенограммы.

В ходе экскурсии преподаватели кафедры рассказывают школьникам о том, что изучение анатомии человека начинается со строения скелета на «сухих» костных препаратах (скелет в сборе, отдельные кости). Внимание уделяется подробному и детальному изучению костей скелета, всех анатомических образований на них, например, бугорков, борозд, гребней, вертелов, остей, углов и т.п. Большинство анатомических образований на костях формируются вследствие фиксации к ним сухожилий мышц. Также преподаватели приводят пример основных костных ориентиров, доступных для пальпации, такие как: остистый отросток позвонка (*processus spinosus*), ость лопатки (*spina scapulae*), локтевой отросток локтевой кости (*olecranon*), объясняют их значение при обследовании пациента. Школьники могут пропальпировать эти образования у себя, что повышает степень наглядности и запоминания анатомии уже на этапе профорientации.

Уделяется внимание использованию латинской терминологии в курсе анатомии человека, так как студенты изучают анатомические наименования на русском языке и латыни. Знания латинской терминологии необходимы для будущего врача, так как название симптомов, диагнозов, медицинских манипуляций и методов лечения заболеваний в большинстве случаев имеют латинские корни.

Неизгладимое впечатление на гостей экскурсии оказывают пластинаты музея. Пластинаты – это органы, части органов или органокомплексы организма человека, изготовленные с использованием метода полимерного бальзамирования. Пластинаты имеют много преимуществ по сравнению с

препаратами, фиксированными формалином. Пластинаты являются наиболее информативными в плане макроскопического строения органов, они не искажают внешний вид органа, сохраняют основные анатомические структуры, являются долговечными и безопасными для здоровья, благодаря чему их можно взять в руки.

В анатомическом музее кафедры представлены пластинаты плечевого, тазобедренного, коленного, локтевого, лучезапястного суставов. Благодаря пластинатам суставов можно изучить основные и вспомогательные элементы суставов. Школьникам демонстрируют суставные поверхности, суставную капсулу, а также внутрисуставные включения, такие как мениски и крестообразные связки коленного сустава.

Преподаватели показывают пластинаты топографических мышечных образований, которые используются в качестве демонстрационного материала при изучении раздела «миология» – учение о мышцах. Например, на пластинате топографии мышц плечевого пояса и свободной верхней конечности демонстрируются известные в быту мышцы «бицепс» – двуглавая мышца плеча, «трицепс» – трехглавая мышца плеча.

Помимо этого, в музее кафедры присутствуют пластинаты отдельных органов пищеварительной, дыхательной, мочеполовой систем, а также органокомплексы, с помощью которых можно понять взаиморасположение органов и сосудисто-нервных пучков при изучении раздела анатомии «спланхнология» – учение о внутренних органах.

Преподаватели кафедры акцентируют внимание школьников на том, что использование пластинатов в учебном процессе позволяет сформировать у обучающихся наглядно – образное мышление.

Изучение анатомии на современном этапе происходит с использованием результатов прижизненных методов исследования человека, таких как рентгенограммы, на которых предоставляется возможным идентифицировать «костный возраст» человека (точки окостенения), кости и соединения костей, части легкого, отделы желудочно-кишечного тракта, мочевыводящие пути и пр. В ходе экскурсии преподаватели демонстрируют рентгенограммы и объясняют значение знаний анатомии в клинической практике врача.

Таким образом, экскурсия в анатомический музей является одной из наиболее эффективных форм профорientации, так как, во-первых, вызывает у школьников интерес и любопытство к строению своего тела; во-вторых, благодаря возможности взять в руки настоящие кости и органы у школьников возникает гамма эмоций, как положительных, так и отрицательных, что способствует определению в выборе будущей профессии.

Для школьников, желающих углубить свои знания по строению и функционированию организма человека в Сургутском Государственном университете открыт Региональный Модельный Центр, в рамках которого в свободном доступе проводится образовательная программа «Тайны анатомии и физиологии для будущих врачей», где школьники изучают основы анатомии и физиологии человека. Занятия проводятся в формате, приближенном к занятиям в высших учебных заведениях. Такая форма деятельности помогает в самоопределении в выборе будущей специальности.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЯХ

Р.М. Шахбанов

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** Статья посвящена вопросам повышения энергоэффективности автоматизированных насосных станций (АНС). Рассматриваются ключевые направления оптимизации энергопотребления, включая внедрение частотно-регулируемых приводов, интеллектуальных систем управления, подбор насосного оборудования с высоким КПД, использование SCADA-систем, а также технологий IoT и анализа больших данных. Приведены примеры успешной реализации энергосберегающих решений на объектах в СНГ. Подчеркивается важность комплексного подхода к модернизации АНС для снижения эксплуатационных затрат и минимизации воздействия на окружающую среду.*

Автоматизированные насосные станции (АНС) являются важным элементом систем водоснабжения, водоотведения, промышленных и энергетических комплексов. Они обеспечивают подачу и распределение воды или других жидкостей в соответствии с заданными параметрами. Энергопотребление насосных станций составляет значительную долю в структуре эксплуатационных расходов, особенно в коммунальном секторе. Повышение энергоэффективности является необходимостью в условиях роста тарифов, перехода к устойчивому развитию и требований к снижению выбросов парниковых газов.

По данным различных исследований, до 90 % всех затрат на эксплуатацию насосных станций приходится на электроэнергию [1]. Энергоэффективность позволяет не только снизить финансовые издержки, но и уменьшить нагрузки на энергосистему и окружающую среду. Внедрение энергосберегающих решений становится важной частью модернизации инфраструктуры и стратегии устойчивого развития предприятий.

Основные направления оптимизации энергопотребления

1. Применение частотно-регулируемых приводов (ЧРП)

Частотно-регулируемые приводы позволяют гибко управлять скоростью вращения насосного агрегата, адаптируя его работу к реальной нагрузке. Это особенно актуально в водоснабжении, где потребление воды колеблется в течение суток. Использование ЧРП может обеспечить экономию электроэнергии до 30-40 % за счёт исключения работы насосов в режиме перегрузки [2].

2. Интеллектуальные системы управления

Внедрение систем автоматического управления с прогнозированием потребления и регулировкой по обратной связи позволяет достигать оптимальных режимов работы оборудования. Такие системы учитывают множество факторов: уровень воды, давление, график нагрузки, время суток и

погодные условия. Применение PLC-контроллеров и SCADA позволяет проводить анализ в реальном времени и минимизировать вмешательство оператора [3].

3. Подбор насосного оборудования по характеристикам

Один из главных факторов потерь энергии – неправильный подбор насосного агрегата. Использование насосов с высоким КПД и их эксплуатация в оптимальной зоне характеристической кривой значительно повышает энергоэффективность. Также важно учитывать совместимость насоса с ЧРП и требования к долговечности при переменной нагрузке [4].

4. Моделирование режимов и диспетчеризация

Гидравлическое моделирование насосной станции позволяет определить оптимальные режимы работы, прогнозировать поведение системы при изменении нагрузки и выявить потенциальные зоны потерь. Применение SCADA-систем в диспетчеризации обеспечивает визуализацию, контроль параметров и автоматическое переключение режимов в зависимости от внешних условий [5].

5. Интеграция IoT и технологий анализа данных

Сбор больших массивов данных с датчиков давления, расхода, температуры и вибрации позволяет применять алгоритмы машинного обучения для прогнозирования отказов и определения неэффективных режимов. Такие подходы уже реализуются в современных АНС на базе IoT-платформ [7].

Примером является Казахстан, где в рамках программы модернизации систем водоснабжения было установлено более 100 насосов с интеллектуальным управлением, что обеспечило ежегодную экономию свыше 10 млн кВт·ч [6].

Оптимизация энергопотребления в автоматизированных насосных станциях является актуальной задачей, способствующей снижению издержек, повышению надёжности систем и уменьшению экологического воздействия. Внедрение современных технологий, таких как ЧРП, SCADA, IoT и машинное обучение, позволяет добиться значительных результатов в повышении эффективности и устойчивости инфраструктуры.

Список литературы

1. Кронштадт. Пресс-центр: публикации. URL: <https://www.kron.spb.ru/press-center/publikatsii/256/> (дата обращения: 22.05.2025). (kron.spb.ru).

2. Медведев В.Н., Карандаев А.С., Карандаева О.И., Мамлеева Ю.И., Храмина Е.А. Технологическая востребованность и оценка эффективности внедрения частотно-регулируемых электроприводов на объектах тепловой электростанции // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskaya-vostrebovannost-i-otsenka-effektivnosti-vnedreniya-chastotno-reguliruemyyh-elektroprivodov-na-obektah-teplovoy> (дата обращения: 22.05.2025). (КиберЛенинка).

3. Основы автоматизации: что такое SCADA и MES системы и зачем они нужны? // Росстип. URL: <https://rosstip.ru/news/4365-osnovy-avtomatizatsii-chto-takoe-scada-i-mes-sistemy-i-zachem-oni-nuzhny> (дата обращения: 22.05.2025). (rosstip.ru)

4. Какие насосы подходят для частотного преобразователя // WAutomation. URL: <https://wautomation.ru/nash-blog/kakie-nasosy-podhodyat-dlya-chastotnogo-preobrazovatelya/> (дата обращения: 22.05.2025). (wautomation.ru)

5. Якунов В.М. Система автоматического управления газовой компрессорной установкой. Вопросы оптимизации и защиты от помпажа / В.М. Якунов, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Инновационные наукоемкие технологии: VI Международная научно-практическая конференция, Тула, 27 июня 2019 года / Под общей редакцией В.М. Панарина. – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2019. – С. 11-15.

6. Водоканал АО «Акбулак» экономит 10 миллионов кВт-часов в год // Grundfos. URL: https://www.grundfos.com/kz/about-us/news-and-media/news/vodokanal_akbylak (дата обращения: 22.05.2025). (grundfos.com)

7. SCADA и HMI для мониторинга насосного оборудования // INNER. URL: <https://inner.su/articles/scada-i-hmi-dlya-monitoringa-nasosnogo-oborudovaniya/> (дата обращения: 22.05.2025). (inner.su)

«ЗЕЛЕНАЯ» ЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ ФИЗИКА

Н. Михайлович¹, А.Н. Кочетов²

¹ Член-корреспондент Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ),
г. Санкт-Петербург

² Северо-Западное управление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор),
г. Санкт-Петербург

Аннотация. Вы узнаете: в чем недостатки широкого использования природных энергетических ресурсов? Рядовые вечной энергетики – это и ветер, и лучи Солнца, и сила океанских течений, и тепло недр Земли. Что предпочесть? Какой источник энергии выбрать? В чем достоинства каждого? Смогут ли они решить проблему?

Определяющей чертой любого развитого промышленного общества является постоянное возрастание как масштабов использования природных ресурсов, так и энергии высокого качества для поддержания жизнедеятельности человека.

Население Планеты за год возрастает быстро по экспоненте, но еще быстрее, более чем в два раза растет выработка энергии и ее потребление за счет роста населения и главным образом его потребностей.

Производство электроэнергии (ТВт·ч) 2022 г., [1]:

В мире	Энергия рек	Геотермальная энергия	Энергия Солнца	Энергия ветра
28 626,4·10 ¹²	4 352,19·10 ¹²	92,1·10 ¹²	1 273,8·10 ¹²	2 093,6·10 ¹²

(Рост производства электроэнергии 2 % в год).

Основная деятельность общества – это удовлетворение потребностей человека за счет использования природных ресурсов, которая сопровождается выбросами токсичных газов, жидкости и твердых веществ, а также низкокачественное тепло, загрязняющих окружающую среду.

До тех пор, пока масштабы деятельности человечества были сравнительно невелики эти выбросы не несли очевидной угрозы окружающей среде и они были внесены в безмерно мощный круговорот ПРИРОДЫ, Человечество вписывалось в этот круговорот.

Другое дело теперь. Масса отходов растет с увеличением численности и потребностей населения на Земле. Появилось много веществ, которые не «по зубам» ПРИРОДЕ.

Исходя из закона взаимодействия массы и энергии, устранить отходы практически НЕВОЗМОЖНО. Реально возможно лишь перевести большую часть ресурсов в готовый продукт, когда отходы одного предприятия сделать сырьем другого. При этом расход энергии на единицу продукции растет, и общая энергетическая эффективность хозяйства неминуемо падает.

При этом закон имеет два ограничения. Первое в том, что масса готового продукта все равно в конечном итоге превращается в отходы. Второе ограничение – чем полнее мы используем и перерабатываем природные и вторичные ресурсы, тем больше затрачиваем энергии.

Если говорить об очистке газовых выбросов, то объективно это лишь перемещение, причем очень энергоемкое, в пространстве. Это не кардинальное решение вопроса.

Этот естественно-исторический закон никому не удастся нарушить.

Его, как гипотезу более 200 лет назад высказал английский монах-экономист Т. Мальтус в своем трактате «Опыте о законе народонаселения с совершенствованием общества», где пришел к выводу, что экономика производства продукции не растет пропорционально затратам энергии.

В прошлом веке украинский марксист С.А. Подолянский подтвердил эту гипотезу падения энергетического эффекта.

На сегодня при переработке сырья около 90 % уходит в отходы, затем из каждых 2 тонн конечного продукта выбрасывается не менее 1 тонны в отходы. Таким образом, за последние 100 лет возник еще один механизм воздействия на окружающую среду – выбросы бытовых отходов.

Выбрасываем мы, как правило, абсолютно чуждые ПРИРОДЕ вещества, например пластик. А что касается пластика, то согласно экспертам ООН по экологии окружающей среды: ежегодно в океан попадает 8 миллионов тонн пластиковых отходов, то есть к 2050 г. в Мировом океане будет больше пластика, чем рыбы.

Беда пластика в том, что время его гниения не менее 100 лет. На сегодня отсутствуют микроскопические одноклеточные бактерии и грибы (редуценты), способные разрушать пластик, то есть он не поддается биоразложению и не может участвовать в круговороте веществ в Природе. Поэтому использование его приведет к накоплению в качестве «мусора», то есть не нужного продукта на Планете.

Вещество, в той или иной форме, всегда останется с нами. Иначе быть не может, так как здесь работает закон сохранения материи. Человечеству пластик необходимо выводить из обращения или научиться его разлагать.

Однако самый масштабный и опасный аспект экологического кризиса – это загрязнение нижних слоев атмосферы продуктами сгорания органических видов топлива, которые усиливают так называемый «парниковый эффект».

Солнечная энергия, проникающая в форме коротких электромагнитных волн через атмосферу к земной поверхности, в значительной мере отражается от нее в виде более длинных волн, которые частично задерживаются и экранируются нижними слоями атмосферы обратно на поверхность Земли. Так наша планета использует солнечное тепло дважды.

Без этого эффекта жизнь на Земле была бы невозможна, так как первичные лучи Солнца разогревают ее поверхность лишь до -18°C . Отраженные тропосферой потоки тепловой энергии повышают эту среднюю температуру еще на 33°C до $+15^{\circ}\text{C}$. Такую отражательную способность создают двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O) и некоторые другие газы, продукты жизнедеятельности биоты.

Сложившийся за миллионы лет и самоподдерживающийся баланс газов в атмосфере создал ту «тепловую» температурную среду, в которой только и может существовать биологическая жизнь.

Присутствие «парниковых газов» в атмосфере обязательно, так как их отсутствие может привести к понижению температуры поверхности Земли до -18°C , то есть к экологической катастрофе.

Еще 100 лет назад шведский ученый лауреат Нобелевской премии Свент Аррениус первый сформулировал гипотезу о «парниковом эффекте», (Герта Тун Берг «борец за экологию» его правнучка).

Порядка 34 % солнечной энергии сразу уже отражается назад в космос облаками, пылью и другими веществами, находящимися, а также собственно поверхностью Земли: не пропускается к земной поверхности большая часть вредного космического излучения гамма-лучей, рентгеновских лучей и ультрафиолетового излучения.

Основная часть средней ультрафиолетовой фракции поглощается молекулами ОЗОНА в верхней части атмосферы и водяным паром в нижней части атмосферы. Без этого экранирующего эффекта большинство современных форм жизни на Земле не могли бы существовать.

Доля озона в атмосфере очень мала – всего несколько десятимиллионных долей от объема атмосферы. Озон образуется в верхних слоях стратосферы и в нижних слоях мезосферы в результате разложения кислорода под воздействием электромагнитных волн длиной 240 нм. Слой ОЗОНА находится на высоте 10 – 100 км., а максимальная концентрация его на высоте 10 км.

Под действием ультрафиолетового излучения молекулы кислорода (O_2) распадаются на свободные атомы, которые в свою очередь могут присоединиться

к другим молекулам кислорода с образованием озона (O_3). Свободные атомы кислорода могут также реагировать с молекулами озона, образуя две молекулы кислорода. Таким образом, между кислородом и озоном устанавливается и поддерживается равновесие.

Озон выполняет защитную роль, поглощая опасные для всего живого жесткое ультрафиолетовое излучение Солнца на высоте 20-25 км.

Истощение озонового слоя – это глобальная экологическая проблема современности. Главной причиной снижения концентрации озона в атмосфере – это фреоны (хлор-фтор-углеводороды), которые широко применяются в быту: в холодильниках, кондиционерах, аэрозольных упаковках.

Фреоны – сами по себе нетоксичны, они весьма стойки. На высоте 20-25 км фреоны распадаются под давлением солнечного ультрафиолета с образованием свободного хлора, который усиливает процесс разрушения озона. Продолжительность жизни озона очень мала – от нескольких часов до нескольких месяцев, а время существования фреонов, напротив велика и составляет десятки, а то и сотни лет.

Есть еще один аспект этой экологической проблемы, на которую не обращают внимание – это оказывается сама ЭНЕРГИЯ, точнее ее избыток. На энергии держится все величие современной цивилизации, обилие и обеспеченность человека.

Безусловно, развитие цивилизации требуется возрастающие расходы энергии. Прирост энергетических затрат не может быть бесконечным. Наступает момент перенасыщения и дальнейшее использование влечет разрушение экосферы.

Существует, так называемый «закон одного процента», по которому мы не можем использовать более одного % энергии, поступающей от Солнца к поверхности Земли. В наше время ленинградский физик В.Г. Горшков дал строгое математическое обоснование. Оценим эту предельную величину искусственной энергии из органически природных ресурсов, используя данные, представленные ниже, и как быстро ее мы сможем достигнуть. Один % энергии Солнца, поступающей на Землю – $5\,800\,000 \cdot 10^{12}$ Вт·ч, превышает производство – $30\,369,5 \cdot 10^{12}$ Вт·ч искусственной энергии более чем в 190 раз. При 2 % росте использовании энергии эту величину человечество достигнет уже через 260 лет.

Эту черту, отделяющую дальнейшее развитие цивилизации, нельзя нарушать.

Да, сегодня запасы могут быть великими, но ясно как день, что когда-то (бессмысленно пытаться угадать дату) им все равно придет конец. Природные ресурсы (уголь, нефть, газ) практически невозполнимы. Ведь энергия в них накапливалась миллиарды лет, а расходуются за считанные годы.

Бесконечные потребности человечества и конечность природных ресурсов, а также негативное воздействие результатов деятельности на окружающую среду невольно ставят вопрос о поиске неисчерпаемой, дешевой, легко доступной и главное быть экологически безопасной. Вечный двигатель изобрести невозможно – это факт. Но вечные источники энергии, способные

прийти на смену тающим запасам ископаемого топлива имеются. Достаточно взглянуть на наше светило.

Масса Солнца, содержащая 72 % водорода и 28 % гелия, настолько грандиозна, что протекающая ядерная реакция превращения водорода в гелий с выделением огромного количества энергии, которая будет продолжаться еще примерно 100 миллиардов лет. На наш век, как говорится, хватит.

Солнечная энергия привлекает людей не только своим обилием. Ее количество, непрерывно получаемое Землей от Солнца, чудовищно велико, оно примерно в десятки тысяч раз превышает энергию, которую человечество потребляет в настоящее время!

Природные ресурсы энергии и их величины (КВт·ч), [2]:

Не возобновляемые ресурсы (общие запасы):

<i>Термоядерная энергия</i>	—	$100\,000\,000 \cdot 10^{12}$;
<i>Ядерная энергия деления</i>	—	$547\,000 \cdot 10^{12}$;
<i>Химическая энергия ископаемых органических горючих</i>	—	$55\,000 \cdot 10^{12}$;
<i>Внутреннее тепло Земли</i>	—	$134 \cdot 10^{12}$.

Ежегодно возобновляемые ресурсы:

<i>Энергия морских приливов</i>	—	$70\,000 \cdot 10^{12}$;
<i>Энергия падающих на Землю солнечных лучей</i>	—	$580\,000 \cdot 10^{12}$;
<i>Энергия ветра</i>	—	$1\,700 \cdot 10^{12}$;
<i>Энергия рек</i>	—	$18 \cdot 10^{12}$.

Гораздо важнее другое, сама по себе энергия Солнца даровая, вечная и главное экологически безопасная. Солнечная радиация – один из естественных элементов теплового баланса земного шара, независимо от того, используется ли она человеком или нет, он всегда соблюдается.

Поэтому она единственный источник энергии, без риска теплового загрязнения, чем грешат и уголь, и нефть, и газ, и делящийся атом.

От чего же люди до сих пор так слабо используют солнечные лучи?

Есть ли у Солнца энергетические перспективы и какие? В этом мы и хотим разобраться. Но прежде всего полезно уточнить, а о какой энергии идет, собственно, речь. Ведь есть энергия «бытовая» и есть энергия «промышленная», их нельзя путать.

«Бытовая» энергия – это то, что обеспечивает нам культурный уровень жизни и ее высокий стандарт. Тут энергии счет невелик – киловатты. Со всем иное дело – масштабы энергии «промышленной». Металлургия, машиностроение, транспорт, строительство, сельское хозяйство съедают уже многие сотни мегаватт – миллионы киловатт. Она определяет уровень валового продукта, размер национального дохода.

И тут обнаруживается уязвимое место солнечной энергии: – оказывается, что на один квадратный метр освещенной поверхности Земли приходится лишь 100 ватт. Это может быть сносно для «бытовой», но ведь нам надо насытить энергию «промышленную».

Для 1000 мегаватт требуется площадь в несколько квадратных километров, и реализация потребует огромных затрат. Преобразование энергии солнечных лучей пока нерентабельно с такой площадью.

Необходимо снизить затраты на несколько порядков. Кроме того, постановка солнечных батарей приводит к уменьшению получаемой солнечной энергии и удаление этой поверхности от участия в тепловом балансе Земли.

Еще в 1975 г. Академик, лауреат Нобелевской премии П. Капица в докладе на конференции, посвященной 200-летию Академии наук СССР указал на бесперспективность альтернативной энергии для промышленных масштабов из-за низкой плотности, порядка 100 Вт/м^2 и низкого коэффициента преобразования.

Качество энергии определяется рентабельностью, то есть количеством энергии, затраченной на ее разработку и количеством энергии, извлеченной из ее источника. Так, например, при сжигании метана мы получаем энергии в десятки раз больше, чем затратили на ее добычу.

Под солнечной энергией большинство людей понимают лишь энергию Прямого поступления солнечного тепла. Однако в широком понимании к солнечной энергии относится не только солнечное излучение, но и несколько форм вторичной энергии, возникающей под действием первичного Солнца. Косвенными формами вторичной энергии являются энергия ветра, энергия падающей и текущей воды, сила океанских течений, тепло земных недр (кипение вулканов). А также биомасса, где солнечная энергия, преобразованная в деревьях и других растениях в химическую форму. Рассмотрим возможность их использования.

Ветер крайне непостоянен. И главное, плотность энергии опять ничтожна. Поэтому энергия ветра не может решить проблему «промышленной» энергии. При этом: ветряки создают низкачественный шум, который негативно действует на людей, животных и даже на растения; начиная с дистанции 500 м возникает вредный для человека шумовой порог; вокруг ветряков кладбище мертвых мышей, тысячи мертвых птиц, в первую очередь пернатых; фундаменты требуют от 600 до 800 тонн бетона, земля становится непригодной для сельхоз. работ.

Есть еще одна серьезная проблема: утилизация лопастей, изготовленных из редкоземельных и радиоактивных металлов (в том числе «Тория», провоцирующего онкологию), на сегодня основной вид утилизации закапывание поглубже в землю, и сама добыча сопровождается выделением вредных веществ.

Энергия падающей воды также ничего не стоит, но энергия электростанций все же не бесплатна: строительство ГЭС обходится достаточно дорого.

Мощных рек, да еще в горных районах не так много.

Гидроэнергетика дает лишь 5 % в общем энергетическом мировом балансе.

Еще один источник использования энергии – **это геотермальная энергия недр нашей Планеты**. Ее запасы громадны и преимущества метода, несомненно, велики. В отличие от солнечной энергии, которая имеет колебания не только суточные, но и зависит от времени года и погоды, геотермальная энергия способна генерироваться непрерывно.

И вновь осечка. Из-за плохой теплопроводности горных пород и малой мощности потока тепла необходимо собирать ее от достаточно больших объемов и делать это на глубине $10 \div 15$ км. весьма затруднительно. К сожалению, этот источник энергии – не возобновляемый.

В настоящее время сконструированы и успешно эксплуатируются ветряные турбины и гидроэлектростанции для превращения вторичной солнечной энергии ветра, падающей и текущей воды в электричество. Особые солнечные фотоэлементы непосредственно, к тому же, не загрязняя окружающей среды, преобразуют солнечную энергию в электрическую.

Мы на сегодня используем поступающую к нам солнечную энергию в ничтожном количестве.

С точки зрения законов термодинамики и экономики, созданы уже устройства по улавливанию и сохранению солнечной энергии для того, чтобы нагреть и отопить дом. Но получить высокие температуры для плавки металла с помощью солнечной энергии на сегодня пока не рентабельно. За последние 20 лет солнечная энергия не оправдала свои затраты.

И так, физики настаивают: ни Солнце, ни тепло Земли, ни сила падающей воды, ни многие другие источники энергии не смогут насытить аппетит Земли. Они могут играть лишь вспомогательную роль, ибо они маломощные. Для «промышленной» энергии все же не проще на сегодня жечь уголь, нефть, газ, строить новые атомные станции?

Многие строят надежду избавить Природу от вредных техногенных выбросов на том, что в будущем мы научимся широко использовать энергию Солнца. К сожалению, эти планы экологически плохо обоснованы. В них учитываются только непосредственное отсутствие вредных тепловых сбросов, но не принимают во внимание косвенные воздействия на природную среду, которые увы могут существенно превышать непосредственные.

Косвенные воздействия обусловлены тем, что для создания экологически чистых систем и технологий необходимы материалы, продукты машиностроения, химической промышленности и других отраслей. Для утилизации Солнечной энергии в большом количестве необходимы материалы (полупроводники, цветные и редкоземельные металлы). Производство этих металлов вызывает дополнительные потоки загрязняющих Природу веществ, а также расход не возобновляющих природных ресурсов.

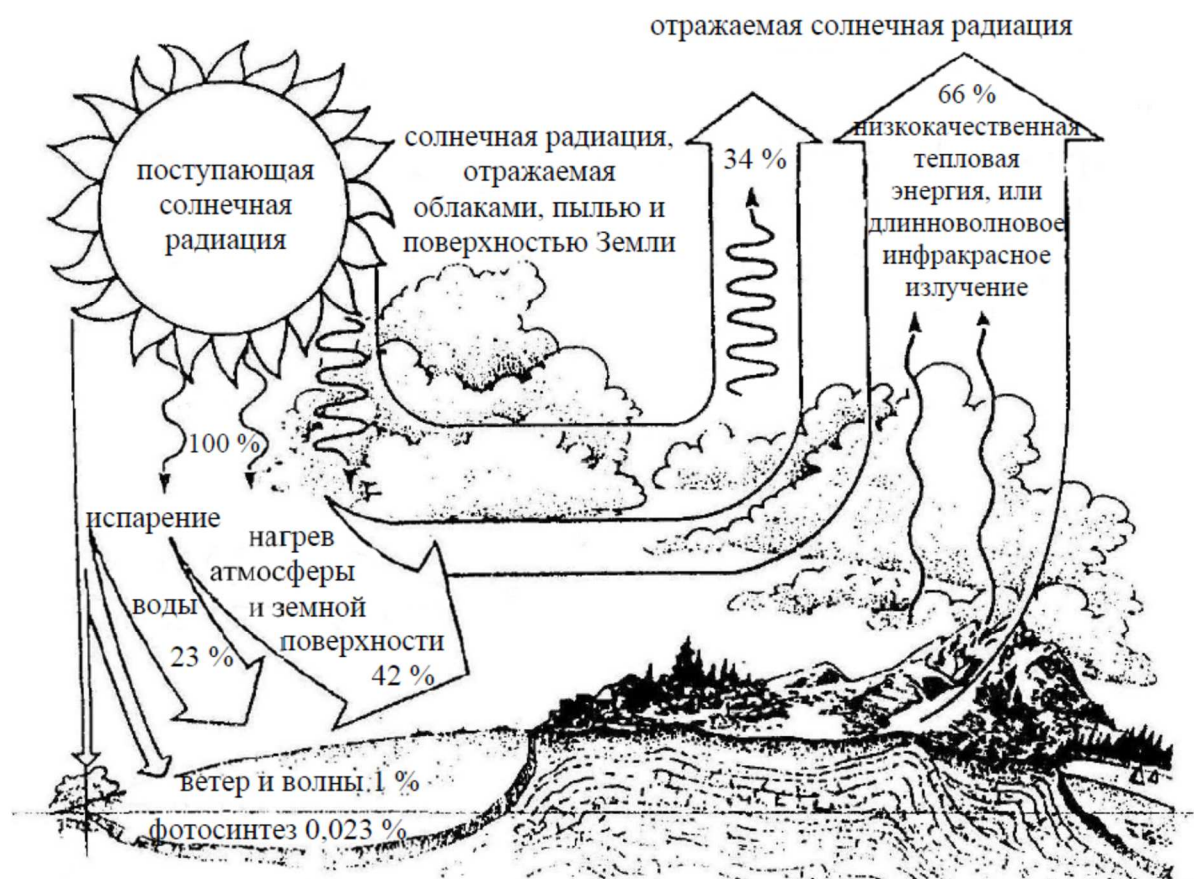
Однако вообразим, дешевые солнечные батареи или какое-либо другое изобретение обеспечило нас практически неисчерпаемым источником дешевой энергии. **Решит ли это все наши проблемы, связанные с окружающей средой? Ответ – нет.** Конечно, такое изобретение было бы важно и полезно. Но законы термодинамики и сохранения материи утверждают, что в этом случае при использовании солнечной энергии исключен дополнительный сброс некачественного тепла в Космос, а вот ликвидация техногенных отходов невозможно, загрязнение окружающей среды, отмеченных ранее факторов будет продолжаться.

В настоящее время нас беспокоит рост производства и использование солнечной энергии человечеством для своих производственных нужд, так как это

влечет уменьшение величины теплового баланса экосферы, правда, при соблюдении теплового баланса нашей Планеты.

Некоторые возможные негативные последствия будут рассмотрены ниже. Для этого проанализируем судьбу тепловых потоков солнечной энергии, попадающей на поверхность Земли.

Энергия Солнца – естественного термоядерного реактора, излучается в космос в виде спектра: от гамма γ , рентгеновских лучей и ультрафиолетового излучения до теле и радиоволн. Эти лучи примерно за 8 минут преодолевают расстояние в 150 млн км и достигают нашей Планеты. И что происходит с лучистой энергией Солнца, можно увидеть на рисунке «Потоки солнечной энергии к земной поверхности и от нее» [3].



Потоки солнечной энергии к земной поверхности и от нее, [3].

Около 34 % сразу же отражается назад в космос облаками, пылью и другими веществами, находящимися в атмосфере. При этом основную часть вредного ионизирующего излучения Солнца, особенно ультрафиолетовой радиации, поглощается молекулами озона (O_3).

Подавляющая часть из оставшихся 66 % идет на нагрев атмосферы, суши и испарения, и круговорот воды, преобразуется в энергию ветра. И лишь 0,023 % улавливаются зелеными растениями для фотосинтеза и используются в процессе которого получают из атмосферного углекислого газа углерод, который является основным строительным материалом молекул углеводов, жиров, белков и других органических соединений.

Большая часть энергии, отраженной земной поверхностью, задерживается вследствие действия «парникового эффекта» и повторно возвращается для должного нагрева атмосферы и поверхности Земли.

Одним из первых по вопросу о соответствии энергоресурсов все возрастающим потребностям на них выступил еще в 1912 г. со статьей «Задачи техники в связи с истощением запасов энергии на Земле» Н.А. Умов [2]. Он провел развернутый количественный анализ – прогноз состояние энергетики в мире. При этом Н.А. Умов четко ставит задачу максимально использовать энергию рек «Мощность водных сил земного шара, – пишет он, – может быть определена ежегодно в $1 \div 2$ биллиона (billion) лошадиных сило-часов (horsepower hours), что приблизительно втрое больше современной потребности в механической энергии: но она составляет только половину всего количества энергии, потребляемой на Земле. Таким образом, этот источник не может быть достаточным для поддержания и развития современной культуры».

Далее Н.А. Умов рассматривает возможности использования энергии ветра. Приливов и отливов, внутреннего тепла Земли, солнечной энергии. Он отмечает, «что пользование мощностью приливов и отливов есть, в сущности, пользование энергией вращательного движения Земли около оси, такое пользование вызывало бы замедление движения и удлинение дня. Но запас этой энергии так велик, что при ежегодном заимствовании из него в сто раз больше количества энергии, чем потребляемое в настоящее время на Земле, день уменьшился бы на одну секунду в течение десяти тысяч лет».

Солнце Н.А. Умов считал тем источником энергии «из которого в далеком будущем человечество должно будет и сможет черпать необходимую энергию». И прозорливо, «с большой уверенностью» утверждает, что люди овладеют солнечной энергией не через тепловые, а чрез «совершенно иные процессы, по-видимому, электрической природы. В этом вопросе все еще должно быть создано, но для его решения мы располагаем несколькими столетиями».

Солнце освещает и обогревает Землю, поставляет энергию, которую зеленые растения используют для синтеза органических соединений, обеспечивающих жизнедеятельность живых организмов и в конечном итоге человека.

Кроме того, солнечная энергия поддерживает круговорот важных химических веществ и является движущей силой климатических и метеорологических систем, перераспределяющих тепла и влаги на земной поверхности.

Жизнь на Земле зависит:

- от однонаправленного потока высококачественной энергии, идущей от Солнца через атмосферу к Земле, и возвращается обратно в Космос в виде рассеянной низкокачественной тепловой энергии;
- от круговорота в экосфере питательных веществ, необходимых для живых организмов.

Главным достоинством использования солнечной энергии – это ее экологическая безопасность, то есть не влияние на тепловой баланс нашей Планеты. Это позволило кому-то считать, что солнечную энергию можно теперь,

использовать для своих производственных нужд.

Однако, мы при этом забываем, что это приводит к уменьшению величины теплового баланса биосферы. Здесь каждая составляющая теплового баланса выполняет свою ответственную роль в устойчивом функционировании биосферы. Составляющие теплового баланса биосферы определяют фотосинтез зеленых растений, ветер, испарение воды, нагрев атмосферы и поверхности Земли.

Так, использование энергии ветра влечет изменение циркуляции атмосферы, тем самым, оказывает влияние на местные климатические условия, через них на почвенно-растительный мир.

Снижение солнечного потока оказывает воздействие на биогеохимические циклы, которые обусловлены прямым или косвенным воздействием солнечной энергии, которые включают, прежде всего, круговорот углерода, кислорода, азота, фосфора, серы и воды.

Использование энергии лучей Солнца воздействует на физические параметры биосферы, к которым относятся свет, тень, испарение, ветер, температура и влажность воздушной сферы, на круговорот питательных веществ.

Установка солнечных батарей аналогично уменьшает величину теплового баланса биосферы, забирая какую-то часть солнечных лучей, предназначенных поверхности Земли.

До определенного уровня биосфера способна к саморегулированию, что позволяет ей свести к минимуму негативные последствия деятельности человека. Но существует предел, когда биосфера уже не в состоянии поддерживать равновесие, начинаются необратимые процессы, приводящие к экологической катастрофе.

Как бы мало не было сегодня это уменьшение теплового баланса биосферы, оно с течением времени в связи с ростом потребления энергии по экспоненте неизбежно приведет к негативным последствиям в биосфере.

И здесь, вероятно, есть черта, через которую мы переходить не имеем права и необходимо знать, где она расположена.

Вести крупномасштабные эксперимент невозможно практически, это безусловно дорого, но и опасно для жизни человека. Только математическое моделирование может обеспечить информацию о возможном состоянии биосферы.

А теперь оценим возможность использования солнечной энергии для производственных нужд человечества, используя данные, представленные ранее:

- | | | |
|--|---|--|
| - энергия попадающих на Землю солнечных лучей | — | $580\,000\,000 \cdot 10^{12} \text{ Вт} \cdot \text{ч};$ |
| - мировое производство энергии | — | $28\,626,4 \cdot 10^{12} \text{ Вт} \cdot \text{ч};$ |
| - производство возобновляемых источников энергии (ветер, солнце) | — | $3\,575,6 \cdot 10^{12} \text{ Вт} \cdot \text{ч}.$ |

На сегодня возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это примерно 10 % от мирового производства энергии и только 0,00006 % от солнечной энергии, попадающей на Землю. Это ничтожно малая величина, влиянием которой на устойчивое развитие биосферы можно пренебречь.

При росте производства энергии на 2 % за год участие ВИЭ будет превышать 1 % от количества солнечной энергии, попадающей на Землю уже через 370 лет. И не за горами то время, когда использование солнечной энергии начнет сказываться на балансе биосферы и ее состоянии.

Теперь рассмотрим возможность использования природных запасов внутреннего тепла Земли и энергии морских приливов, которое не влияет на тепловой баланс биосферы.

Ресурс энергии морских приливов – $70\,000\,000 \cdot 10^{12}$ Вт·ч, а мировое производство энергии на сегодня находится на уровне – $30\,396,5 \cdot 10^{12}$ Вт·ч. При КПД использования 25 %, природный ресурс составит – $17\,500\,000 \cdot 10^{12}$ Вт·ч, который превосходит производство энергии в 575 раз. Только примерно через 300 лет потребление энергии достигнет этого максимального использования энергии морских волн. В это время энергия морских волн может быть главным источником производства энергии, а затем активно участвовать в союзе с другими источниками в мировом производстве энергии.

Внутреннее тепло Земли при 25 % использовании ресурсов $134\,000 \cdot 10^{12}$ Вт·ч составит – $33\,500 \cdot 10^{12}$ Вт·ч, что практически равно современному производству – $30\,396,5 \cdot 10^{12}$ Вт·ч, то есть доступный ресурс энергии израсходуется всего за **один год**. К сожалению, этот источник энергии **не возобновляемый**.

Ресурс речных сил земного шара порядка – $18\,000 \cdot 10^{12}$ Вт·ч и он составляет около половины всего количества энергии – $30\,396,5 \cdot 10^{12}$ Вт·ч, потребляемой на Земле. КПД лежит в пределах $80 \div 95$ %. Таким образом, этот источник не может быть достаточным для развития человечества, но может быть использован, как вспомогательный, что имеет место сегодня.

В итоге мы видим, что живем среди закономерностей и ограничений. Человек обречен, если он не подчиняется законам ПРИРОДЫ. К такому выводу приходят все мыслители с древних времен до наших дней и к их голосу стоит прислушиваться. Еще древнегреческий философ Эпикур более двух тысячелетий назад, когда не знали, что бывают экологические катастрофы писал: **«не следует насиловать ПРИРОДУ, следует повиноваться ей, необходимо желания исполнять, а также естественно, если они не вредят, а вредные сурово подавлять»**.

Примечание:

*Учитывая актуальность проблемы, все Ваши предложения и замечания будут приняты и обсуждены (mailto: galnik1947@yandex.ru).

Список литературы

1. *Statistical Review of Wore Energy. 2022 Обзор мировой энергетики 2022 г.*
2. Алексеев Г.А., *Энергия и энтропия. М Знание, 1978 г. – 192 с.*
3. G. Tyler Miller, *Жизнь в окружающей среде. Перевод с англ. Б.А. Алексеева; под редакцией Г.А. Ягодина. – М. Прогресс, 1993 г. – 256 с.; ISBN: 5-01-003833-1.*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СОХРАНЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ САМОБЫТНОСТИ ДИАСПОРЫ

Ю.П. Луговскова

Оренбургский государственный университет,
г. Оренбург

***Аннотация.** В работе изучена задача оптимального управления вывода этногруппы из состояния ассимиляции. На основе полученного для построенной задачи оптимального управления необходимого условия оптимальности разработаны алгоритмический и программный инструментарий, с помощью которого представлены оптимальные программы.*

***Ключевые слова:** математическое моделирование, оптимальное управление, национальная самобытность.*

Феномен диаспоры, в первую очередь, основывается на культурной самобытности, а её отрыв от родины усиливает стремление к сохранению, а в дальнейшем и пропаганде своей культуры, языка. В многонациональных городах, представляющих объединение разных культур, в условиях большого социокультурного анклава, вопрос сохранения межэтнического согласия и этнокультурных особенностей каждой диаспоры является важным направлением. Поэтому первоочередной интерес представляет исследование закономерностей процесса ассимиляции (частичной утраты особенностей национальной культуры), приводящей порой к губительным последствиям потери самобытности, социальному перерождению и культурному исчезновению.

Отчуждение народа от своих традиций в угоду интересам например господствующей державы не является неизбежным и может быть обратимо, что повышает актуальность данной работы, заключающейся в поиске факторов, противодействующих процессу ассимиляции с учетом значимости вкладываемых средств в возрождение чувства национальной культуры диаспоры, что позволит ей занять свое место в разнообразии культур.

Имеется множество видов математических моделей социальной самоорганизации, представленных в работе И.Д. Колесина, в том числе моделей взаимодействия культур с сохранением или формированием их общей

национальной самобытности [2]. С целью изучения случая, когда диаспора частично утратила особенности национальной культуры (ассимилировала), рассмотрим математическую модель, представленную в работе [3], учитывающую управляющее воздействие, влияющее на ее возрождение – восстановление в памяти истории, языка, традиций. В данной модели заложено предположение о выделении двух групп представителей диаспоры:

$M(t)$ – группа, частично сохранившая национальную культуру, готовая восполнять свои знания традиций и языка;

$N(t)$ – группа, прочно забывшая национальную культуру, но под влиянием первой группы желающая приобрести минимум знаний о ней,

причем $M(t) + N(t) = H(t) = H = \text{const}$, где H – численность этногруппы.

В отношении первой группы осуществляется стратегия сохранения национальной культуры, в отношении второй группы – стратегия возрождения.

Рассматривается модель возрождения национальной культуры, расширенная управляющим воздействием, направленным либо на самостоятельное изучение прошлого представителями диаспоры – $b \cdot N(t)$, либо с помощью организационных мероприятий (курсов, лекториев, кружков) – $u(t)$.

В соответствии с изложенными фактами и представлениями для описания управляемой модели ассимиляции и противодействия ему на отрезке времени $[t_0, T]$ рассмотрена система двух нелинейных дифференциальных уравнений, записанных в нормальной форме Коши:

$$\begin{aligned}\frac{dN(t)}{dt} &= -bN(t) + kM(t) - u(t), \\ \frac{dM(t)}{dt} &= bN(t) - kM(t) + u(t),\end{aligned}\tag{1}$$

которая заменой $M(t) = H - N(t)$ перейдет в уравнение вида:

$$\frac{dN(t)}{dt} = -bN(t) + k(H - N(t)) - u(t),\tag{2}$$

с начальными условиями:

$$N(t_0) = N_0, \quad M(t_0) = M_0\tag{3}$$

и фазовыми ограничениями:

$$N(t) \geq 0, \quad M(t) \geq 0.\tag{4}$$

В системе 2 выделены неотрицательные параметры: $b > 0$ – коэффициент самостоятельного противодействия, $k > 0$ – коэффициент ассимиляции, значения которых получены на основе качественного исследования базовой модели и уточнены в ходе вычислительных экспериментов.

Ставится задача вывода этногруппы из состояния ассимиляции, то есть перевод ее из состояния $N(t_0) = N_0$ в состояние $N(T) = N_T$, где T – запланированная длительность перевода:

$$N(T) = N_T < N_0 = N(t_0).\tag{5}$$

Задача оптимального управления рассматривается как задача оптимизации функционала, направленного на минимизацию затрат возрождения чувства национальной культуры:

$$I = \int_{t_0}^T (c_1 b N(t) + c_2 u(t)) dt\tag{6}$$

где c_1, c_2 весовые коэффициенты: c_1 – удельная стоимость организации самостоятельного знакомства с национальной культурой, c_2 – живого знакомства (курсы, лектории, кружки).

Оптимальная стратегия выбирается с учетом условий ограниченности потенциального количества курсов, лекториев, кружков:

$$u(t) \in [u_1; u_2], u_i \geq 0, i = 1, 2, t \in [t_0; T]. \quad (7)$$

Задача оптимального управления (2)-(7) является задачей, описанной системой дифференциальных уравнений с закрепленным левым и правым концами, ограничением на управление, фазовые переменные, в которой требуется построить на T лет программу годовых выпусков слушателей курсов, лекториев, кружков, минимизирующую функционал (6). При решении задачи оптимального управления использованы необходимые условия оптимальности, основанные на принципе максимума Понтрягина [1], где для поиска оптимального управления использован метод проекции градиента, а для учета фазовых ограничений и закрепленного правого конца применен метод штрафных функций.

Модель (2)-(7) описывает общие закономерности изменений количества представителей диаспоры, утративших чувство национальной культуры и ее восстановление под влиянием управляющего воздействия, направленного на сохранение национальной самобытности. При расчетах в качестве значений параметров модели использовались величины, представленные в таблице 1.

Таблица 1

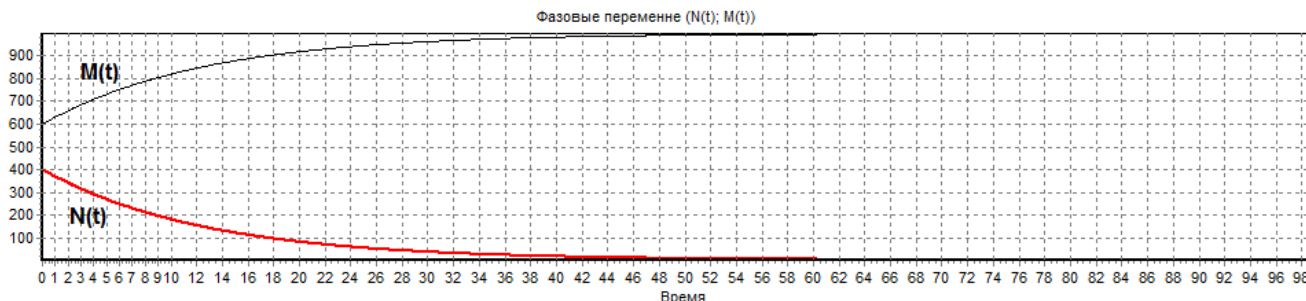
Значения параметров модели организации этнокультурного подъема

Параметры модели, содержательная интерпретация	Значение
N_0 – количество представителей диаспоры, утративших чувство национальной культуры в начальный момент времени ($t_0 = 0$)	400 (сот. чел.)
N_T – количество представителей диаспоры, утративших чувство национальной культуры в конечный момент времени ($T = 100$)	0 (сот. чел.)
H – общая численность диаспоры	1000 (сот. чел.)
b – константа скорости самостоятельного стремления диаспоры восстановить национальную культуру	0,07
k – константа скорости ассимиляции	0,01
c_1 – удельная стоимость самостоятельного стремления диаспоры восстановить национальную культуру	0,05
c_2 – удельная стоимость организации живого знакомства (курсы, лектории, кружки)	0,01
$[u_1; u_2]$ – константы ограниченности потенциального количества курсов, лекториев, кружков	[0; 10]

На рисунке представлены динамики изменения численности групп диаспоры сохранивших ($M(t)$); забывших ($N(t)$) национальную культуру при $t \in [t_0; T] = [0; 100]$.

Поскольку ассимиляция характеризуется ростом $N(t)$, а выход из нее спадом, то согласно представленным на рисунке 1 результатам при указанных в таблице 1 параметрах удастся добиться возрождения национальной культуры

всей диаспоры в условиях запланированной длительности $T=100$ и ограниченности курсов, лекториев, кружков, которое оптимально проводить в максимальном количестве на всем периоде проведения эксперимента ($u(t) = u_2 = 10, \forall t \in [0; 100]$) с учетом вкладываемых средств, определяемым функционалом $I = 27,5$.



Динамика изменения численности групп сохранивших ($M(t)$); забывших ($N(t)$) национальную культуру

В таблице 2 представлены основные показатели задачи, полученные при изменении u_2 — максимального значения потенциального количества курсов, лекториев, кружков, c_2 — удельной стоимости организации живого знакомства, k — константа скорости ассимиляции и неизменности других параметров модели, представленных в таблице 1.

Таблица 2

Значения основных показателей задачи при изменении максимального значения потенциального количества курсов, лекториев, кружков; удельной стоимости организации живого знакомства; константы скорости ассимиляции

	Максимальное значение потенциального количества курсов, лекториев, кружков			Стоимость организации и живого знакомства	Скорость ассимиляции			
	$u_2=5$	$u_2=10$	$u_2=20$	$c_2=0,04$	$k=0,001$	$k=0,01$	$k=0,06$	$k=0,1$
Значение критерия качества	41,6	27,5	29,7	55,7	20,8	27,5	145	192,6
Момент $t \in [t_0; T]$ полного возрождения национальной культуры $N(t) = 0$	-	100	18	-	20	100	-	-
Количество представителей диаспоры, утративших чувство национальной культуры в конечный момент времени	62	0	0	125	0	0	384	530
Число курсов и лекториев в начале эксперимента	5	10	20	0	10	10	10	10
Число курсов и лекториев в конце эксперимента	5	10	20	0	10	10	10	10

Согласно представленным в таблицах 2 результатам, в ситуации ограниченности максимального числа курсов и лекториев и достаточно большом

количестве ассимилировавших представителей, чтобы осуществить возрождение национальной культуры в более короткие сроки требуется увеличивать u_2 – число организаций, лекций, курсов, которые в ситуации небольшой их удельной стоимости для устранения последующей ассимиляции рекомендуется проводить в возможном максимальном количестве на всем периоде эксперимента. Малое количество возможных максимальных организаций живого знакомства при небольшой их удельной стоимости не приводит к полному возрождению национальной культуры диаспоры в рассматриваемый временной период и ведет к увеличению функционала (6).

В случае увеличения стоимости организации курсов, лекториев, кружков для сохранения национальной самобытности диаспоры распределение средств экономически становится не выгодно вкладывать в проведение мероприятий живого знакомства, в связи с чем наблюдается проблема отсутствия полного вывода диаспоры из состояния ассимиляции в запланированный период. Ассимиляция характеризуется спадом за счет его самостоятельного стремления восстановить национальную культуру, что, однако, ведет к росту вкладываемых средств.

Согласно представленным в таблице 2 результатам, увеличение константы скорости ассимиляции влияет на увеличение длительности национального возрождения либо его отсутствие, а также на рост затрат возрождения чувства национальной культуры.

Таким образом, введение управляющего воздействия (организации кружков, лекций, семинаров) не исключает отсутствие полного возрождения национальной культуры, но важно знать соотношение средств, с помощью которых будет осуществляться направленное воздействие на него. Стратегия первоочередного вложения средств в возрождение чувства национальной культуры оптимально в смысле минимума затрат, однако при высокой стоимости организации курсов, лекториев, кружков для сохранения национальной самобытности диаспоры распределение средств экономически становится не выгодно вкладывать в проведение мероприятий живого знакомства. При условии небольшой стоимости организации живого общения можно повлиять на возрождение национальной культуры в более короткие сроки с помощью увеличения максимального значения потенциального количества курсов.

Список литературы

1. Андреева Е.А. *Математическое моделирование: учеб. пособие* / Е.А. Андреева, В.М. Цирулева. – Тверь: Твер. Гос.ун-т, 2004. – 502 с.
2. Колесин И.Д. *Принципы моделирования социальной самоорганизации: учебное пособие* / И.Д. Колесин. – СПб.: Лань, 2013 – 288с.
3. Колесин И.Д. *Принцип максимума в организаторской деятельности* / И.Д. Колесин. – Вестник СПбГУ. Сер. 10, 2008. – Вып. 4. – С. 9-13.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В СФЕРЕ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ: TELEGRAM-БОТ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ В МАЛЫХ И СРЕДНИХ КАФЕ

К.Я. Яковлев, З.Ф. Камальдинова
Самарский государственный технический университет»,
г. Самара

Аннотация. В данной статье исследуется возможность автоматизации процессов обслуживания в малых и средних предприятиях общественного питания с помощью Telegram-бота, оснащенного элементами искусственного интеллекта (ИИ). Рассматривается модель, при которой бот выполняет функции виртуального ассистента, взаимодействуя с клиентами, обрабатывая заказы и минимизируя участие человеческого персонала на этапе первичного приема. Описаны ключевые этапы интеграции системы, ее функциональные возможности и экономические преимущества для бизнеса. Особое внимание уделено снижению операционных издержек, устранению ошибок, связанных с человеческим фактором, и повышению скорости обслуживания.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, Telegram бот.

Современные кафе сталкиваются с рядом проблем: высокие расходы на персонал, ошибки при приеме заказов, задержки в обслуживании клиентов. Эти проблемы особенно актуальны для малых и средних заведений, где ресурсы ограничены. Одним из решений является внедрение ИИ-официанта – Telegram-бота, который автоматизирует процесс приема заказов и взаимодействия с клиентами...

Финансовая нагрузка, связанная с содержанием обслуживающего персонала, представляет собой одну из наиболее существенных статей операционных расходов. Традиционная организация сервисного обслуживания предполагает формирование многочисленного штата сотрудников, что влечет за собой не только прямые затраты на оплату труда, но и сопутствующие расходы, включая профессиональную подготовку кадров, налоговые обязательства и социальные гарантии. Для хозяйствующих субъектов с ограниченными финансовыми возможностями данная нагрузка приобретает особую значимость, оказывая непосредственное влияние на показатели экономической эффективности деятельности предприятия.

Операционные погрешности в процессе обслуживания. Ошибки обработки заказов, детерминированные антропогенным фактором, сохраняют свою актуальность как системная проблема отрасли. Характерные кейсы включают:

- некорректную интерпретацию потребительских предпочтений;
- технологические ошибки при фиксации заказов;
- недостаточный учет индивидуальных параметров заказа (аллергологический статус, специфические требования к приготовлению блюд).

Указанные дефекты сервиса закономерно приводят к снижению индекса потребительской удовлетворенности, формируя устойчивое негативное

воздействие на деловую репутацию предприятия и показатели клиентоориентированности.

Временная неэффективность сервисных процессов Проблема временных издержек приобретает особую остроту в периоды максимальной нагрузки. Существующий алгоритм обработки заказов, предполагающий последовательную коммуникацию между потребителем, сервисным персоналом и производственной зоной, содержит множество рутинных операций, каждая из которых пролонгирует общее время обслуживания. Это обуславливает возникновение задержек, формирование очередей и хроническую перегрузку персонала, что в конечном итоге детерминирует снижение качественных показателей сервиса.

Проблема индивидуализации обслуживания Современные тенденции потребительского поведения демонстрируют устойчивый спрос на персонализированный сервис, учитывающий:

- гастрономические предпочтения;
- диетологические ограничения;
- индивидуальные параметры заказа.

Обеспечение данного уровня сервиса традиционными организационными методами требует либо экстенсивного увеличения штатной численности (что экономически нецелесообразно), либо внедрения специализированных цифровых решений, автоматизирующих процессы клиентского взаимодействия.

Telegram-бот выполняет функции виртуального официанта, решая перечисленные проблемы.

Как работает бот?

Процесс взаимодействия между клиентом и автоматизированной системой заказа реализуется через последовательность взаимосвязанных технологических этапов. На первом этапе инициализации пользователь осуществляет выбор блюд через интерфейс чат-бота, предоставляющего структурированное цифровое меню с функционалом фильтрации по различным параметрам, включая категории блюд, компонентный состав и нутриентные характеристики.

Последующий этап предполагает процедуру детализации и верификации заказа. Автоматизированная система инициирует запрос на уточнение ключевых параметров, включая идентификацию потенциальных аллергенных компонентов, определение предпочтительных органолептических характеристик, учет индивидуальных требований к технологии приготовления и возможность модификации стандартных рецептурных решений.

После формирования заказа поступает на этап валидации, где обслуживающий персонал осуществляет контроль корректности введенных данных, проверку соответствия текущим производственным мощностям и подтверждение или корректировку параметров заказа.

Успешно верифицированный заказ автоматически интегрируется в систему управления кухонным производством, где происходит его распределение по технологическим участкам с учетом приоритетности выполнения, технологических особенностей приготовления и текущей загрузки производственных мощностей.

Заключительный этап включает реализацию многоуровневой системы клиентских уведомлений, содержащей подтверждение принятия заказа, информирование о начале производственного цикла, уведомление о готовности к выдаче и запрос оценки качества обслуживания.

Все этапы обработки сопровождаются автоматической регистрацией временных меток в системе мониторинга, что обеспечивает возможность хронометрического анализа, выявление узких мест в обслуживании и оптимизацию бизнес-процессов. Архитектурное решение системы предусматривает возможность оперативного вмешательства персонала на любом технологическом этапе, сохраняя оптимальный баланс между степенью автоматизации процессов, уровнем персонализации обслуживания и эффективностью производственного цикла.

На рисунке 1 показана схема работы кафе до внедрения бота.

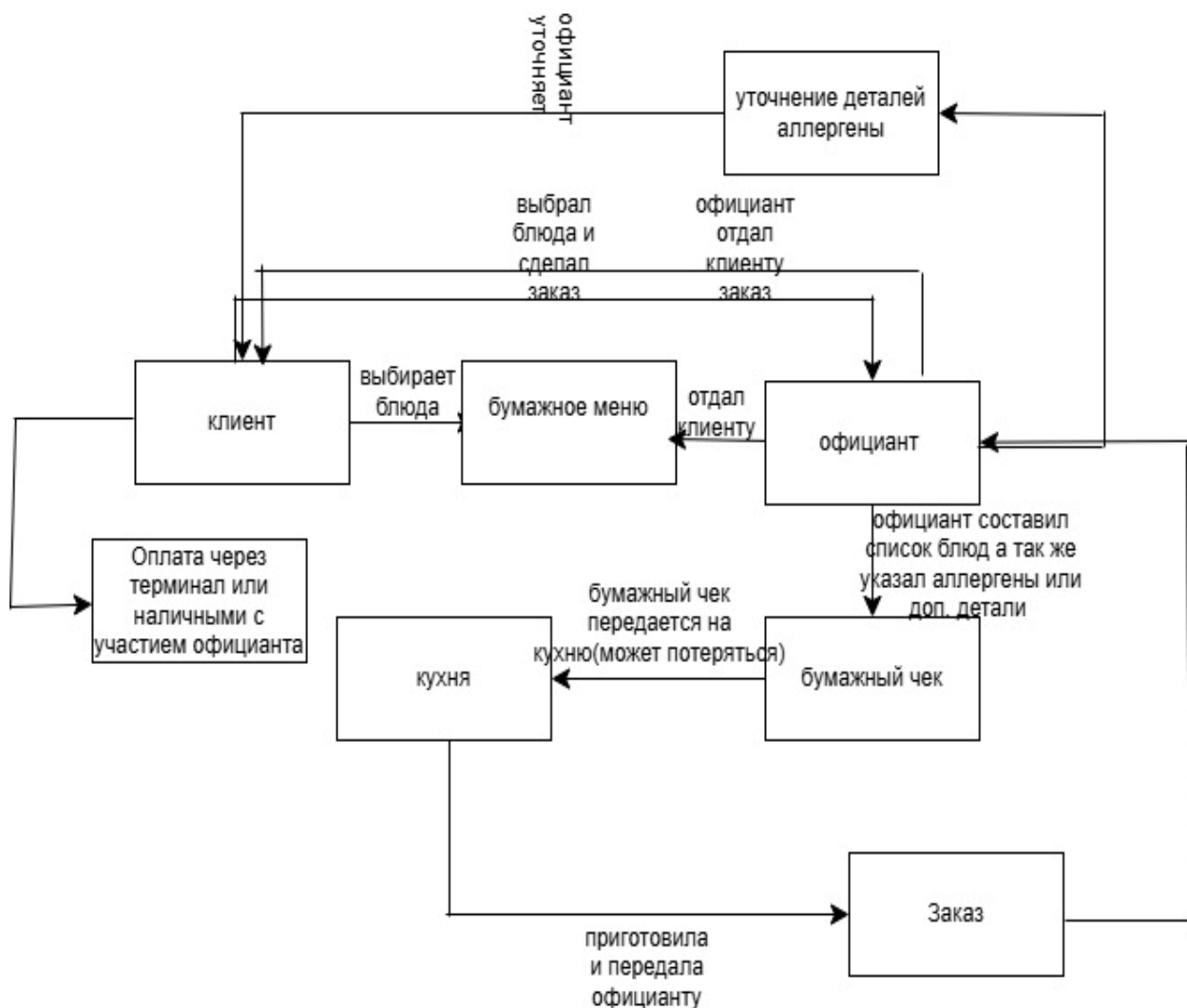


Рис. 1. Схема работы кафе до внедрения бота

На рисунке ниже приведена схема работы кафе после внедрения бота.

ИИ-модуль предварительно обрабатывает заказ, идентифицируя ключевые параметры, после чего сотрудник фокусируется на уточнении нюансов, таких как степень прожарки или специфические пожелания клиента. Это обеспечивает индивидуальный подход без увеличения нагрузки на персонал.

Система генерирует структурированные массивы данных, позволяющие анализировать потребительское поведение, выявлять сезонные тренды и прогнозировать пиковые нагрузки. На основе этих данных осуществляется оптимизация ассортиментной матрицы, автоматизация закупок сырья и корректировка маркетинговых стратегий.

Пилотные исследования, проведенные в заведениях средней ценовой категории, подтвердили рост лояльности клиентов, снижение себестоимости услуг и увеличение среднего чека за счет персонализированных рекомендаций. Таким образом, внедрение интеллектуальной системы автоматизации демонстрирует потенциал для трансформации операционных процессов в секторе HoReCa, обеспечивая баланс между экономической эффективностью и качеством обслуживания.

Вывод по работе.

Официант бот с использованием искусственного интеллекта – это эффективное решение для малых и средних кафе, позволяющее оптимизировать расходы, повысить качество обслуживания и минимизировать ошибки. Внедрение Telegram-бота требует начальных вложений, но его преимущества быстро окупаются за счет экономии на персонале и увеличения потока довольных клиентов.

Список литературы

1. Официальная документация Telegram Bot API. [Электронный ресурс]. URL: <https://core.telegram.org/bots/api>
2. Aiogram: библиотека для создания Telegram-ботов. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.aiogram.dev/>
3. Киберленика: Применение ИИ в бизнесе. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-iskusstvennogo-intellekta-v-biznes-sfere-sovremennoe-sostoyanie-i-perspektivy>

АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРОИЗВОДСТВА ПРОПИЛЕНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

А.М. Аюпов, А.А. Рыжова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. Данная статья исследует трансформацию промышленных предприятий с использованием цифровых технологий, а именно цифровых двойников – инновационной технологии, которая позволяет моделировать технологический процесс реальных объектов в виртуальном режиме. В статье рассматриваются теоретические аспекты, связанные с

внедрением цифровых двойников, а также ее роль в модернизации производственных процессов и значение эффективности внедрения.

Современные технологические процессы в нефтехимической и газовой промышленности требуют высокой степени автоматизации для обеспечения стабильности, надежности и безопасности производства. Одним из таких процессов является прием пропилена из газового сепаратора, который представляет собой важный этап транспортировки и подготовки продукта к дальнейшему использованию или переработке. Эффективность данного процесса напрямую влияет на эксплуатационную надежность оборудования, снижение потерь сырья и обеспечение промышленной безопасности.[1]

Автоматизированная система управления процессом приема пропилена играет ключевую роль в обеспечении его стабильности, оптимизации параметров работы оборудования и минимизации затрат на энергоресурсы. Внедрение современных цифровых технологий и автоматизированных систем контроля позволяет повысить уровень управления, снизить влияние человеческого фактора и обеспечить соответствие требованиям промышленной безопасности. В современной практике организации производства цифровые инструменты служат неотъемлемым элементом управления процессами и операциями, добавляя ценность для потребителя путем улучшения качества конечной продукции, повышения безопасности эксплуатации изделий, сокращая потери, расходуя ресурсы, но не создающие ценности. Цифровые решения для производства являются мощным рычагом повышения производительности труда и энергоресурсоэффективности.

В настоящее время на уровне производственных процессов имеет место автоматизация – замена ручного труда техническими средствами, регулирующими процессы подачи, использования, передачи, обработки ресурсов и данных. Процесс внедрения техники, обеспечивающей автоматизацию, подразумевает компьютеризацию. Автоматизация служит фундаментом цифровизации, которая имеет место на уровне управления процессами и операциями. Цифровизация реализуется посредством внедрения информационно-коммуникационных технологий, использующих цифровой актив – цифровой формат знаний о предприятии, процессах, ресурсах и т.д. Информатизация представляет собой процесс информационного обмена между блоком управления и внешними участниками. Таким образом, существует сущностное различие между элементами цифровой трансформации, которая заключается в последовательном совершенствовании производственной системы путем повышения скорости и эффективности информационного обмена в целях управления изменениями.

Эволюция цифровой трансформации промышленных предприятий, связанных с производством пропилена, позволила перейти на новый этап их развития, интегрируя в управление процессами производства искусственный интеллект, что привело к формированию «умного производства» – SMS (Smart Manufacturing Systems). Система «умного производства» охватывает широкий спектр производственных задач, включая управление, проектирование и

инженерные решения.[3] Положительная синергия от внедрения систем «умного производства» обеспечивается следующими составляющими:

- рост производительности труда;
- повышения уровня адаптируемости системы в конкурентной среде и изменении спроса, потребительских предпочтений и т.п.;
- рост качества выпускаемых изделий, повышение их персонализации;
- повышение уровня инновационной активности предприятия и рост доли инновационной продукции в выпуске и отгрузке;
- рост маневренности производства;
- повышение устойчивости функционирования предприятия, в т.ч. повышение производственной устойчивости предприятия, включающее снижение негативного воздействия на природную среду, рост безопасности производства, повышение экономической эффективности производства.

В настоящее время промышленные предприятия испытывают потребность в повышении эффективности использования ресурсов предприятия, что достигается благодаря применению цифровых двойников изделий. Выделим основные этапы жизненного цикла цифровых двойников, которые являются основой создания информационной системы:

- системный дизайн;
- базовая инженерия;
- детальное проектирование;
- введение в эксплуатацию;
- эксплуатация и обслуживание;
- модернизация и вывод из эксплуатации.

Кроме этих основных этапов жизненного цикла цифрового двойника, необходимо принимать во внимание такие обеспечивающие этапы, как обучение персонала, их тренировка на тренажерах, установка специального оборудования и программного обеспечения, проведение технического обслуживания и ремонтов, замена и вывод из эксплуатации оборудования, его утилизация. [2]

Таким образом, подводя итог, выделим следующие специфические особенности интегрированных процессов в непрерывных производственных системах:

- необходимость учета особенностей непрерывных технологических процессов, таких как единство технологического процесса, постоянство работы оборудования, синхронизация режимов работы агрегатов, большие объемы переработки поступающего сырья и т.п.;
- важность внедрения искусственного интеллекта при работе с данными, включая системы «умного производства», создание цифровых двойников производства и изделий;
- разработка и внедрение адаптивного программного обеспечения управления процессами производства по всем этапам его жизненного цикла;
- достижение единства функционирования операционной системы, система управления и корпоративной культуры промышленного предприятия;

– обеспечение интеграции горизонтальных и вертикальных функций в организационной структуре предприятия и по цепочке поставок продукции на основе информационно-коммуникационных технологий и программных комплексов. [4]

Список литературы

1. Группа компаний Сибур [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.sibur.ru/ru/>

2. Петров Д.Ю. Архитектура информационной системы управления жизненным циклом цифрового двойника для непрерывного производства / Д.Ю. Петров // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института. 2021. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://science.spb.ru/files/IzvetiyaTI/2021/57/15.pdf>.

3. Сафарова Л.Ш. Роль цифровой системы управления производством в условиях индустрии 4.0 / Л.Ш. Сафарова, М.В. Шинкевич // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные тренды цифровой трансформации промышленных предприятий». – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2022. – С. 236-240.

4. Нургалеев Р.К. Лабораторный стенд «Информационно-измерительный комплекс на базе ПЛК АБАК» / Р.К. Нургалеев, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 10. – С. 210-212.

ПРОЦЕДУРНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД В ИГРОВОЙ РАЗРАБОТКЕ НА JAVASCRIPT

Л.Н. Александрова, Н.В. Инютин, А.А. Филатова
Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина,
г. Елец

Аннотация. В статье исследуются вопросы использования JavaScript в игровой разработке. В рамках рассмотрения конкретных практических аспектов представлена разработка веб-игры Cosmic Collector на JavaScript, сочетающей элементы аркады и стратегии с уникальными игровыми механиками. Проект реализован с использованием процедурной генерации контента, динамической системы сложности и оптимизированных алгоритмов коллизий. Особое внимание уделено визуальным эффектам, включая свечение частиц и инерционное движение, а также оптимизации производительности. Игра демонстрирует потенциал JavaScript для создания интерактивных веб-приложений с высокой степенью вовлеченности пользователя.

Ключевые слова: браузерная компьютерная игра, JavaScript, процедурно-ориентированный подход, веб-приложение, игровая механика.

Актуальность. В настоящее время разработка компьютерных игр представляет собой одну из самых динамичных и инновационных отраслей цифровых технологий, непрерывно развивающуюся за счет интеграции передовых достижений в области программирования, искусственного

интеллекта, компьютерной графики и человеко-машинного взаимодействия. Современные игры давно перестали быть просто развлечением – они находят применение в образовании, профессиональной подготовке, психологических исследованиях и даже медицине, что подчеркивает их междисциплинарную значимость. Актуальность исследований в этой сфере обусловлена стремительным технологическим прогрессом, проявляющимся в появлении новых игровых движков, инструментов разработки и методов создания контента, которые открывают неограниченные возможности для проектирования сложных интерактивных систем. Широкое разнообразие игровых жанров и тематик, от классических аркад и стратегий до образовательных симуляторов и VR-приложений, требует глубокого изучения различных аспектов их разработки, включая психологию восприятия, эргономику управления и техническую реализацию. Особую практическую значимость игровые технологии приобретают в сфере тренировки когнитивных навыков, о чем свидетельствуют исследования, посвященные разработке игр для оценки точности и скорости реакции [4], а также в области образования, где активно используются специализированные обучающие веб-игры [5]. Отдельное направление составляют интеллектуальные игры, тесно связанные с исследованиями в области искусственного интеллекта [1]. Кроме того, коммерческий успех известных игровых франшиз стимулирует разработчиков к созданию новых продуктов, вдохновленных популярными играми [2, 3], что также представляет значительный интерес для научного анализа. Все эти факторы в совокупности демонстрируют, что изучение методов и технологий разработки компьютерных игр остается крайне востребованной областью исследований, открывающей широкие перспективы для дальнейших технологических и творческих инноваций.

Методы и технологии. В ходе нашей работы будет разработан программный продукт – компьютерная игра «Cosmic Collector» на языке JavaScript с использованием уникальной техники анимаций и игровой механики при разработке. Данный язык программирования был выбран исходя из его представлений и преимуществ, а именно: возможность работы в браузере, что подходит при разработке веб-игр, гибкость языка, широкий спектр библиотек и обработка событий, что важно при создании сложных интерактивных проектов; механика создания анимаций и реализации физики и коллизий, позволяющие моделировать поведение объектов в игре, делая их движение и взаимодействие более реалистичными.

С точки зрения пользователя, игра представляет собой увлекательную космическую аркаду, где главная задача заключается в ловком управлении виртуальным кораблём, собирающим полезные зелёные частицы и избегающем опасных красных. Игрок наслаждается минималистичным дизайном интерфейса, удобным управлением и интересной возможностью замедлять время, помогая планировать сложные манёвры. Интригующая механика усложнения уровней способна удерживать интерес пользователя на протяжении всей игры.

Результаты. В основе разработки игры «Cosmic Collector» лежит модифицированный процедурно-ориентированный подход с элементами

различных парадигм программирования. Для создания частиц с разным поведением и характеристиками задействована процедурная генерация. Все элементы в игре являются объектами.

Процедурная генерация контента. Игра активно использует динамическое создание частиц с различными характеристиками. Частицы появляются в случайных позициях, имеют различные размеры в зависимости от типов частиц, предусмотрена гибкая система поведения с разным шансом получить особый характер. Благодаря этому каждая сессия является уникальной, а сложность игры можно легко регулировать через параметры генерации (рис. 1).

```
function spawnParticles(count, type) {  
  const behaviorType = Math.random() > 0.5 ? 'chaser' : 'trajectory';  
  const particle = {  
    x: Math.random() * canvas.width,  
    y: Math.random() * canvas.height,  
    radius: type === 'good' ? 12 + Math.random() * 8 : 6 + Math.random() * 6,  
    // ...другие параметры  
  };  
}
```

Рис. 1. Фрагмент кода, отвечающий за генерацию частиц

Движение игрока происходит с инерцией. Такая физика предусматривает добавление силы к скорости при нажатии клавиш, а трение уменьшает скорость, за счёт чего объект тормозит не сразу (рис. 2).

```
updatePlayer() {  
  // Применение сил  
  if (state.keys.left) state.player.velocityX -= 0.5;  
  
  // Ограничение скорости (нормализация вектора)  
  const currentSpeed = Math.sqrt(state.player.velocityX**2 + state.player.velocityY**2);  
  if (currentSpeed > state.player.maxSpeed) {  
    state.player.velocityX = (state.player.velocityX / currentSpeed) * state.player.maxSpeed;  
    state.player.velocityY = (state.player.velocityY / currentSpeed) * state.player.maxSpeed;  
  }  
  
  // Применение трения (постепенное замедление)  
  state.player.velocityX *= state.player.friction;  
  
  // Обновление позиции  
  state.player.x += state.player.velocityX;  
}
```

Рис. 2. Фрагмент кода, отвечающий за движение игрока

Продвинутая система поведения частиц. В игре на данный момент существует два типа враждебных частиц: преследователи и траекторные частицы. Преследователи имеют параметры агрессии, которые позволяют регулировать настойчивость преследования. Они умеют на своё усмотрение менять скорость и начинать погоню за главной частицей (рис. 3).

```

if (p.behavior === 'chaser') {
  // Обновление цели
  if (now > p.changeDirTime) {
    p.targetX = state.player.x + (Math.random() - 0.5) * 200;
    p.changeDirTime = now + 500 + Math.random() * 1500;
  }

  // Расчет вектора к цели
  const dx = p.targetX - p.x;
  const distToTarget = Math.sqrt(dx**2 + dy**2);

  // Применение силы с учетом агрессии
  const forceX = dx / (distToTarget + 10) * (0.2 + p.aggression * 0.3);
  p.speedX = p.speedX * p.inertia + forceX;
}

```

Рис. 3. Фрагмент кода, связанный с частицами-преследователями

Траекторные частицы имеют особенность перемещения по нескольким контрольным точкам в пределах одной траектории. Они дрейфуют со случайными отклонениями и имеют бесконечный патрульный маршрут (рис. 4).

```

if (p.behavior === 'trajectory') {
  // Текущая целевая точка траектории
  const target = p.trajectoryPoints[p.currentTrajectoryPoint];

  // Расчет расстояния до точки
  const dx = target.x - p.x;
  const dist = Math.sqrt(dx**2 + dy**2);

  // Переключение точки при достижении
  if (dist < 30) {
    p.currentTrajectoryPoint = (p.currentTrajectoryPoint + 1) % p.trajectoryPoints.length;
  }

  // Добавление случайных колебаний
  p.speedX += (Math.random() - 0.5) * 0.2;
}

```

Рис. 4. Фрагмент кода, связанный с траекторными частицами

Система коллизий и её оптимизация. Алгоритм имеет несколько оптимизаций, включая использование квадрата расстояния вместо вычисления корня, обратный обход массива для безопасного удаления элементов, ранний выход при очевидном отсутствии коллизии. При соприкосновении с другими объектами главного героя происходит визуальная тряска экрана, напоминающая вибрацию, а также звуковые и текстовые эффекты. Для плохих и хороших частиц она различается.

Динамическая система сложностей. Игра постепенно увеличивает сложность через механизм волн. Вражеские частицы меняют своё поведение на более агрессивное, что проявляется в изменении траекторий и увеличении скоростей. Рост сложности является линейным, что позволяет использовать игру в турнирных состязаниях с возможностью ведения рейтинговых списков. Баланс игры позволяет провести полную сессию до тех пор, пока частицы не заполнят всё игровое поле или пока игрок не проиграет.

Визуальная система. Реализовано свечение частиц с плавным градиентом прозрачности. Разные частицы имеют соответствующий враждебности цвет. Движение главного героя сопровождается шлейфом. Фон игрового поля реализован через библиотеку particles-js и является отличным эстетическим дополнением игры (рис. 5).

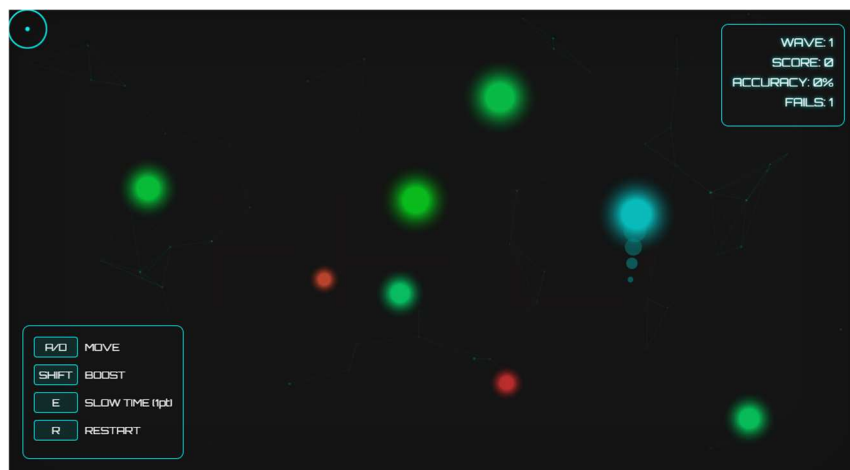


Рис. 5. Игровой интерфейс в процессе игры

Заключение. Данное исследование и разработка игры демонстрирует возможности инструментов, предоставляемых JavaScript для создания современных интерактивных игровых веб-приложений. Браузерные игры сохраняют спрос, поскольку могут быть запущены с любых устройств без необходимости устанавливать дополнительные приложения. Дальнейшее развитие проекта в перспективе может расширить аудиторию игры и повысить вовлеченность за счёт добавления рейтинговой системы и достижений.

Список литературы

1. Белкин Р.О. Разработка веб-игры для изучения таблицы умножения для младших школьников на языке JavaScript / Р.О. Белкин // *Фундаментальная и прикладная наука: сборник научных трудов по материалам IX Международной научно-практической конференции, Анапа, 19 января 2023 года.* – Анапа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов» в Южном Федеральном округе, 2023. – С. 7-9.
2. Инютин Н.В. Исследование перспектив разработки генераторов интеллектуальных игр / Н.В. Инютин, А.А. Филатова // *Фундаментальные проблемы обучения математике, информатике и информатизации образования: Сборник материалов круглого стола в рамках X международной научно-практической конференции, Елец, 20–22 сентября 2024 года.* – Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2024. – С. 30-33.
3. Соловьева Е.В. Компьютерная игра-головоломка «Судoku» на языке javascript / Е.В. Соловьева, Т.А. Максимова // *Студенческие научные достижения: сборник статей VIII Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 15 апреля 2020 года.* – Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. – С. 21-25.

4. Стрельцова М.Н. Разработка игры T-Rex с помощью языка программирования JavaScript / М.Н. Стрельцова // Постулат. – 2021. – № 9 (71).

5. Халиманенков А.С. Создание браузерной игры на языке JavaScript для проверки на точность и реакцию / А.С. Халиманенков // Постулат. – 2022. – № 1(75).

КОНТРОЛЬ ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МЕТОДА РАЗМЫТИЯ ПО ГАУССУ

Е.В. Спиридонова, Д.С. Мендыгалиев, М.В. Барсуков

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург

***Аннотация.** В статье рассматриваются современные подходы к информационной безопасности, направленные на противодействие внутренним угрозам. Для автоматического контроля доступа предлагается система непрерывной верификации личности, в основе которой лежит компьютерное зрение и машинное обучение. Алгоритм распознавания включает обработку изображений с применением размытия по Гауссу.*

Проблема утечек данных продолжает оставаться актуальной по сей день: в 2023 году по данным InfoWatch, их количество увеличилось более чем на 60 %, а объем скомпрометированных персональных данных вырос более чем в два раза. В среднем на одну утечку приходится 4,04 миллиона записей персональных данных, а число крупных инцидентов (свыше 1 миллиона записей) возросло почти на 50 % [1].

Основной угрозой для организаций любого уровня в России выступают внешние злоумышленники — как операторы вирусов-вымогателей, стремящиеся завладеть ликвидными данными и/или получить выкуп, так и группы хакеров, которые в условиях СВО рассматривают кражу данных в контексте вооруженного конфликта. Инсайдерские угрозы становятся все сложнее обнаружить в рамках распространения ИИ и других современных технологий, при развитии практики гибридной работы. Для эффективного противодействия им требуется комплексное решение, основанное на обучении сотрудников, внедрение передовых технологий мониторинга, включая контроль привилегированных пользователей и регулярную ревизию парка учетных записей, а также на использовании различных инструментов — от уже зарекомендовавших себя, таких как DLP, до инновационных [2].

Система контроля доступ, основанная на распознавании лица, включает несколько ключевых компонентов:

1. Захват изображения — получение изображения(кадра) с камеры пользователя для анализа.

2. Обработка изображения — применение алгоритмов компьютерного зрения и машинного обучения для извлечения и кодирования биометрических

характеристик, с последующим сравнением с базой данных известных пользователей.

3. Механизмы управления доступом – принятие мер в случае отклонения от допустимых сценариев (например, завершение работы системы или уведомление администратора).

Важным преимуществом является высокая адаптивность системы: каждый её компонент может быть настроен и изменен в соответствии с требованиями конкретной степени защиты. Эта гибкость открывает дополнительные возможности. Например, модуль обработки изображения может подразумевать не только идентифицировать пользователя, но и контроль его действия, а также выявлять попытки фотографирования экрана для предотвращения утечки конфиденциальной информации.

Сверточные нейронные сети позволяют с высокой эффективностью выделять и интерпретировать биометрические признаки. Однако это не исключает применение классических алгоритмов компьютерного зрения, включая гистограмму направленных градиентов, они помогают обеспечивать высокую точность идентификации даже при условиях затемнения и угла наклона. Дополнительно могут применяться методы трёхмерного анализа, учитывающие глубину и рельеф лица, что значительно повышает устойчивость системы к попыткам подделки с использованием фотографий или видеозаписей [5].

Поэтому целью настоящей работы является разработка прототипа программы, обеспечивающей разовую верификацию пользователя при входе в систему.

Принцип её работы заключается в следующем: при запуске проверки приложение через веб-камеру захватывает изображение лица и сравнивает его с базой известных лиц. В случае отсутствия совпадения или недостаточного уровня схожести система автоматически блокирует доступ, выполняя выход из учетной записи. Схема работы программы представлена на рисунке 1. Данный подход позволяет реализовать простой, но эффективный механизм защиты от несанкционированного доступа.

Основу системы составляют две ключевые библиотеки: OpenCV для захвата и предварительной обработки изображений, и библиотека Face Recognition для выделения и сравнения характеристик лица. OpenCV отвечает за работу с камерой, базовую обработку кадров и первоначальное обнаружение лица. Затем Face Recognition преобразует изображение в цифровой «отпечаток» – вектор числовых характеристик, который сравнивается с хранящимися в базе образцами.

Производительность системы была протестирована на компьютере средней мощности с мобильным процессором RYZEN 7 и 16 ГБ оперативной памяти. Полный цикл верификации (от захвата изображения до выдачи результата) занимает в среднем 2 секунды. Однако наибольшее время требует этап захвата изображения (1000-1500 мс), тогда как само распознавание лица занимает меньше 1000 мс. Время обработки напрямую зависит от разрешения

изображения, при переходе с 2560р на 1080р время анализа уменьшается примерно в 2,5 раза.

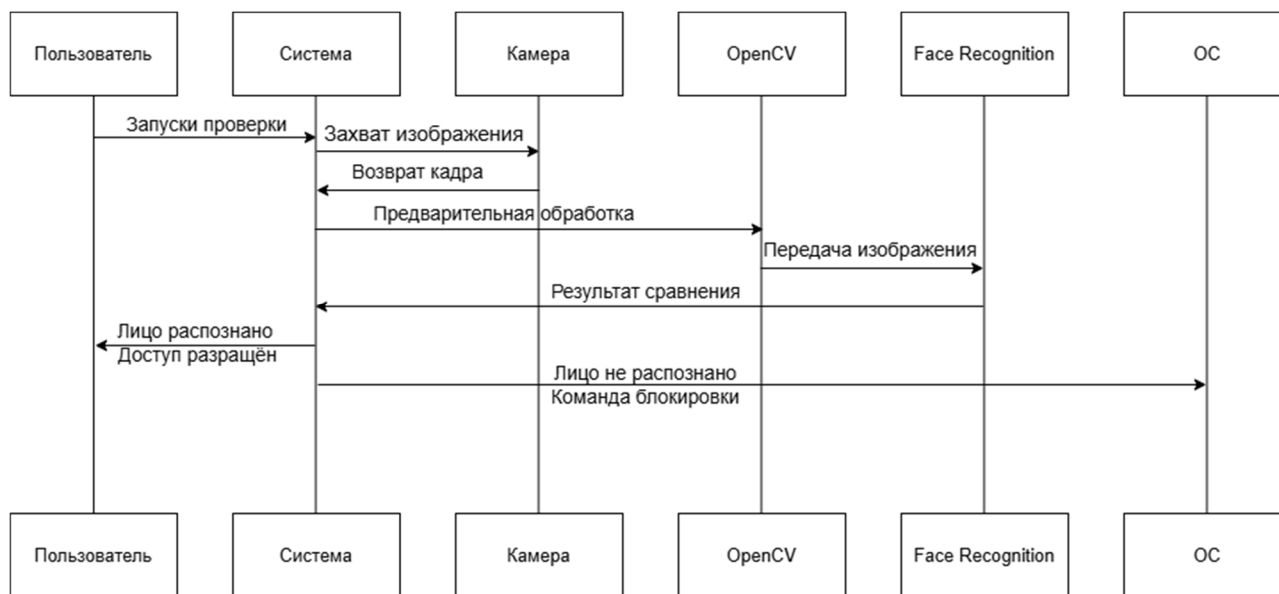


Рис. 1. Схема работы программы

В программе, при добавлении нового пользователя сохраняется изображение без какой-либо обработки, что обеспечивает максимальную точность последующего распознавания. Так же, все сравнения выполняются с нормализованными векторами признаков, что уменьшает влияние изменений освещения или положения лица. Порог распознавания установлен на уровне 50 % сходства – это значение было подобрано экспериментально как оптимальный баланс между надежностью и удобством использования.

В текущей версии система выполняет разовую проверку при входе, но архитектура позволяет развивать ее в нескольких направлениях. Наиболее перспективным представляется реализация непрерывной верификации, когда система периодически проверяет, что за компьютером по-прежнему находится авторизованный пользователь.

Особенностью нашего решения является использование размытия по Гауссу на этапе предобработки изображений, что позволяет повысить точность системы. Данный подход обеспечивает оптимальное сглаживание изображения с сохранением основных признаков объектов, имитируя естественные оптические эффекты, наблюдаемые в реальных условиях, такие как размытие вне зоны фокуса в фотографических системах.

Метод размытия по Гауссу основан на использовании специального ядра, весовые коэффициенты которого распределены в соответствии с гауссовой функцией, экспоненциально убывающей от центра к периферии.

Распределение Гаусса в N измерениях задается формулой:

$$G(r) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}$$

Для двух измерений (что соответствует изображению)

$$G(r) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{u^2+v^2}{2\sigma^2}}$$

где r – радиус размытия ($r^2 = u^2 + v^2$), σ – среднеквадратическое отклонение.

Радиус размытия в алгоритме размытия по Гауссу задаётся через σ .

После применения размытия по Гауссу к одному пикселю, его значение принимает наибольший вес (наивысшее гауссово значение). Значения окружающих пикселей также будут зависеть от исходного значения данного пикселя, но им будут соответствовать меньшие веса (в зависимости от расстояния до них). Начальное значение данного пикселя является средневзвешенным для окрестности.

При гауссовом размытии ключевым параметром является σ (сигма), определяющая степень размытия изображения. Суть метода заключается в том, что значение каждого пикселя пересчитывается как средневзвешенное значение его самого и окружающих пикселей. При этом центральный пиксель имеет наибольший вес, а влияние соседних пикселей плавно уменьшается по мере их удаления от центра согласно гауссовому распределению.

Функция гауссова распределения бесконечна. Это означает, что для абсолютно точного размытия потребовалось бы учитывать все пиксели изображения, что крайне неэффективно с вычислительной точки зрения. Однако на практике применяют правило трёх сигм, согласно которому около 99,7 % влияния сосредоточено в пределах трёх стандартных отклонений (3σ) от центрального пикселя [4].

Свёртка – это математическая операция, где каждому пикселю изображения присваивается новое значение, вычисленное как взвешенная сумма соседних пикселей. Веса задаются ядром свёртки.

$$I'(x, y) = \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-k}^k I(x + i, y + j) * G(i, j)$$

где I – входное изображение, I' – результат свёртки, G – ядро свёртки (фильтр), k – половина размера ядра (для 3×3 : $k=1$).

Ядро «скользит» по изображению, накладываясь на каждый пиксель и его соседей. Для каждого положения ядра вычисляется сумма произведений значений пикселей и соответствующих им весов из ядра. Результат записывается в новый пиксель.

В контексте распознавания лиц такое размытие выполняет несколько ключевых функций:

- Подавление высокочастотных шумов и мелких артефактов изображения
- Сглаживание текстур кожи при сохранении основных черт лица
- Уменьшение влияния незначительных изменений (мимики, мелких дефектов кожи)
- Повышение устойчивости к небольшим изменениям освещения

На рисунке 2 продемонстрировано исходное изображения для сравнения, которое используется в программе.

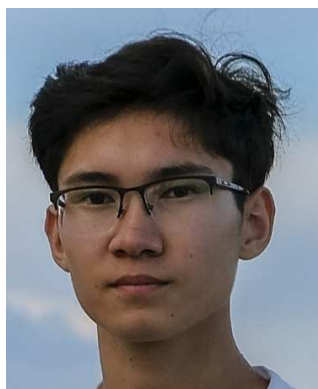


Рис. 2. Лицо, хранимое в базе программы

Для демонстрации эффективности предложенного метода перейдем к анализу практических результатов. Экспериментальные данные показывают, что применение гауссова размытия на этапе предварительной обработки изображений приводит к увеличению точности распознавания лиц.

На рисунке 3 продемонстрировано окно программы со включенным выключенным размытием по Гауссу.

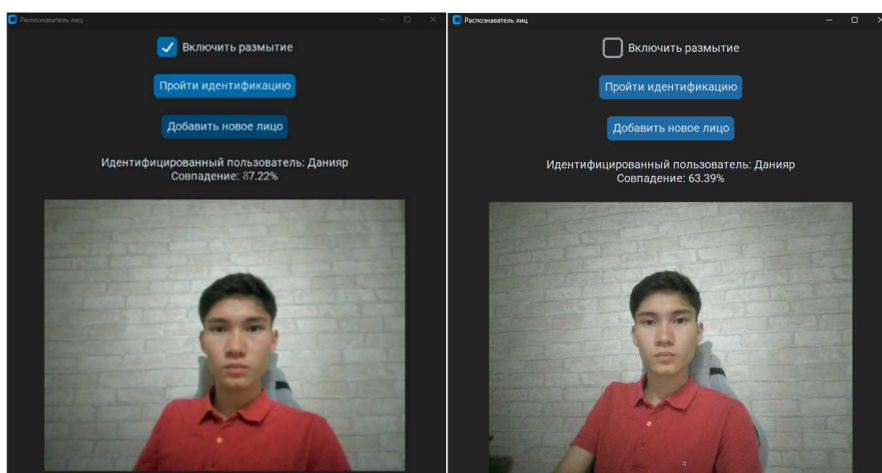


Рис. 3. Окна программы со включенным и выключенным размытием

Применение гауссова размытия в качестве этапа предобработки изображений демонстрирует статистически значимое улучшение точности распознавания лиц. Экспериментальные данные подтверждают, что использование данного метода увеличивает процент совпадения распознанных лиц на 20 % по сравнению с обработкой исходных изображений без фильтрации. Этот прирост объясняется эффективным подавлением высокочастотных шумов и артефактов, которые могут негативно влиять на работу алгоритмов детекции и верификации.

Таким образом, гауссово размытие не только улучшает качество входных данных, но и повышает надежность системы в целом, что особенно важно в задачах биометрической аутентификации и видеонаблюдения. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию параметра σ для различных условий съемки с целью максимизации точности при минимальных вычислительных затратах.

Список литературы

1. <https://www.infowatch.ru/sites/default/files/analytics/files/utechki-informatsii-v-izbrannykh-otraslyakh-2021-2023-gody.pdf>.
2. <https://content.kaspersky-labs.com/se/media/ru/data-leaks-report-2023.pdf>.
3. O'Reilly P. *The Human Factor in Data Protection* / P. O'Reilly, K. Rigopoulos // Ponemon Institute. – <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-236>.
4. Мыцких-Коробанов А.Ю. Алгоритм размытия по гауссу / А.Ю. Мыцких-Коробанов // Математика и ее приложения в современной науке и практике: Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции, Курск, 27-28 апреля 2018 года / Ответственный редактор Е.А. Бойцова. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. – С. 40-45. – EDN XVAZKH.
5. СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ // Университет ИТМО <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2110.pdf>

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ МЕДИКАМЕНТОЗНОГО ЛЕЧЕНИЯ

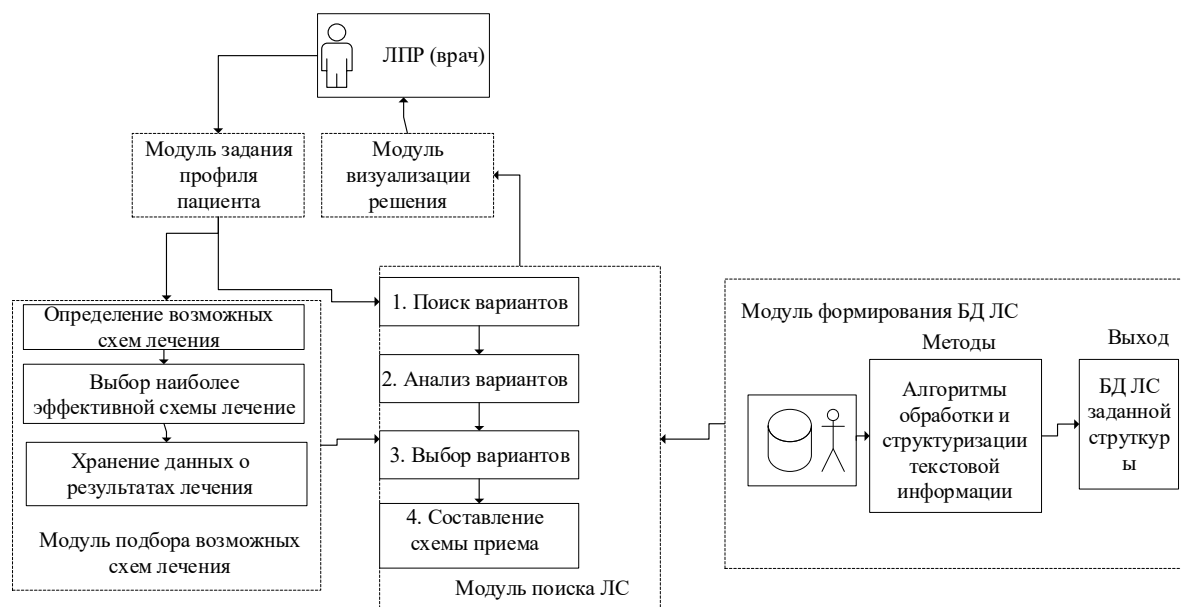
О.Д. Саморукова, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина
Рязанский государственный радиотехнический университет
имени В.Ф. Уткина,
г. Рязань

***Аннотация.** В условиях динамически развивающегося рынка фармакологических средств, а также активного развития персонифицированной медицины остро стоит вопрос рационального применения лекарственных средств и повышения эффективности лечения пациентов. Данная задача может быть решена с помощью системы поддержки принятия решений при подборе схем медикаментозного лечения. В данной статье рассмотрим общую структуру проектируемой системы, а также предлагаемые методы и алгоритмы.*

На рисунке представлена структура проектируемой системы поддержки принятия решений (СППР) при выборе схемы медикаментозного лечения (МЛ).

Система состоит из 5 основных модулей. Первый – модуль задания профиля пациента, т.е. его персональных данных и анамнеза. Из данного модуля информация поступает в модуль подбора возможных вариантов лечения, в котором осуществляется подбор наиболее эффективной схемы лечения пациента, исходя из его индивидуальных особенностей, в рамках установленных стандартов лечения заболеваний. Исходя из диагноза пациента системой формируется набор допустимых вариантов лечения и их расчетная эффективность, которая на начальном этапе определяется экспертно, а по мере функционирования системы заменяется на расчётный динамический показатель, исходя из получаемой обратной связи. С использованием нечеткой логики, а именно алгоритмов построения нечётких деревьев решений определяется наиболее эффективный для данного пациента способ МЛ. На данном этапе

определяются действующие вещества, необходимые для лечения заболевания и снятия симптомов. Полученная информация передается в модуль поиска необходимых лекарственных средств (ЛС) [1], который в свою очередь, получая данные о профиле пациента и требуемой терапии, подбирает список лекарственных препаратов по их торговым наименованиям. Параллельно происходит проверка на возможность их взаимодействия с другими ЛС, если таковые применяются пациентом. Для решения задачи выбора предлагается использование семантических сетей, поскольку они позволяют создавать единый ресурс данных, объединяя информацию на различных языках, а также описывать характер связи между объектами [2]. Результатом работы модуля является перечень доступных ЛС, расчет дозировки для каждого из них, кратность приема и продолжительность лечения. При этом лекарства подбираются таким образом, чтобы снизить риски нежелательных реакций, например, аллергий или побочных действий от совместного приема лекарств [3].



Структура СППР для выбора схем МЛ

С целью наполнения и поддержания в актуальном состоянии данных о ЛС, построен модуль формирования базы данных ЛС. Здесь, с применением инструмента регулярных выражений, происходит извлечение необходимой информации о ЛС из инструкции о его применении. Так же в данном модуле формируется реляционное хранилище, в которое записываются данные о действующих веществах, содержащихся в ЛС, их дозах, способе применения для различных заболеваний и категорий пациентов, показания, противопоказания, возможные побочные действия и т.д. [4]

Работа системы завершается модулем визуализации, в котором выводится вся информация по выбранному МЛ с подробным описанием схемы приема, возможными аналогами, возможностью формирования рецептов в случае, если препарат отпускается строго по ним.

За счет непрерывного накопления статистики по эффективности лечения различных заболеваний, актуализации базы данных ЛС и вновь выявленных

межлекарственных взаимодействий, проектируемая система способна повысить эффективность МЛ, а также повысить приверженность пациентов к лечению, благодаря возможностям задания предпочтительных форм лекарственных препаратов, а также автоматическому формированию подробных рекомендаций по применению ЛС.

Список литературы

1. Саморукова О.Д. Ключевые аспекты разработки системы поддержки принятия решений при подборе схемы медикаментозного лечения / О.Д. Саморукова, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы – Биомедсистемы-2023 [текст]: сб. тр. XXXVI Всерос. науч.-техн. конф. студ., мол. ученых и спец., 6-8 декабря 2023 г. / под общ. ред. В.И. Жулева. – Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2023. – 332с., ил. (181-184).

2. Перепелкин Д.А. Компьютерное моделирование процессов поддержки принятия решений врача-стоматолога на основе семантических сетей / Д.А. Перепелкин, А.А. Попова, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина // Вестник РГРТУ. №89 - Рязань: РГРТУ, 2024. – 155 с. (127-140).

3. Крошилин А.В. Предметно-ориентированные информационные системы: учебное пособие / А.В. Крошилин, С.В. Крошилина, Г.В. Овечкин. – Москва: КУРС, 2023. – 176 с. – (Естественные науки).

4. Саморукова О.Д. Задачи разработки систем медицинского назначения при выборе схемы медикаментозного лечения / О.Д. Саморукова, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина, С.Ю. Жулева // Вестник РГРТУ. – 2024. – № 88 / Vestnik of RSREU. – 2024. – No 88 (106-114).

ПРОДУКТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ РАСЧЁТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ANSYS

Г.Р. Ковалев

Тульский государственный университет,
г.Тула

Аннотация. Современное строительство требует высокой точности и оперативности при проектировании и анализе строительных конструкций. Цифровые технологии, в частности программное обеспечение ANSYS, играют ключевую роль в обеспечении качественного и быстрого моделирования сложных инженерных задач. Использование методов конечно-элементного анализа (МКЭ) позволяет не только повысить точность расчётов, но и сократить время разработки проектов, минимизировать количество физических прототипов и снизить затраты.

В последние годы ANSYS значительно расширил свои возможности, внедряя искусственный интеллект, улучшая пользовательский интерфейс и интегрируя инструменты для оптимизации материалов и конструкций. Эти инновации делают процесс моделирования более продуктивным и доступным для широкого круга специалистов в строительной отрасли.

Возможности ANSYS для моделирования строительных конструкций

ANSYS предлагает комплексные решения для анализа прочности, устойчивости, теплового и динамического поведения строительных конструкций. Программный комплекс поддерживает многомасштабное моделирование, позволяя учитывать свойства материалов от атомистического до макроскопического уровней. Такие инструменты, как Granta MI Enterprise и optiSLang, обеспечивают автоматизированный подбор и оптимизацию материалов с учётом эксплуатационных требований и экологических факторов.

Кроме того, ANSYS Mechanical предоставляет мощные нелинейные и линейные решатели, адаптивные методы сеточного анализа и возможности для быстрой модификации геометрии, что значительно ускоряет проведение инженерных расчётов.

Скорость и продуктивность моделирования

Современные версии ANSYS используют технологии искусственного интеллекта и машинного обучения для оптимизации процесса моделирования. Например, optiSLang AI+ позволяет автоматически исследовать и оптимизировать конструкции, анализируя большие массивы данных о материалах и параметрах модели. Улучшенный интерфейс и интеграция с системами управления данными способствуют более эффективному взаимодействию команд и сокращению времени на подготовку и проведение расчётов.

Использование GPU-ускорения в ANSYS Mechanical дополнительно повышает производительность, позволяя решать сложные задачи со скоростью, увеличенной до 10 раз по сравнению с традиционными CPU-расчётами.

Необходимость цифрового моделирования в строительстве

Внедрение цифровых технологий в строительную отрасль становится обязательным требованием, поддерживаемым нормативными актами и государственными программами. Технологии информационного моделирования (ТИМ) позволяют создавать цифровые двойники зданий, обеспечивая контроль качества на всех этапах жизненного цикла объекта – от проектирования до эксплуатации и сноса.

Цифровое моделирование помогает снизить риски ошибок, оптимизировать использование материалов и ресурсов, а также улучшить коммуникацию между участниками проекта. Это приводит к сокращению сроков строительства и уменьшению затрат, что особенно важно в условиях современного рынка.

Примеры применения ANSYS в строительном моделировании

Программный комплекс ANSYS широко применяется для решения разнообразных задач в строительстве: от расчёта железобетонных балок и колонн до сложного анализа динамического поведения конструкций.

В частности, модуль ANSYS Mechanical позволяет создавать геометрические модели с помощью встроенного DesignModeler, импортировать CAD-модели, параметризовать геометрию и создавать качественные конечно-элементные сетки с контролем локального и глобального разбиения.

Для армированного бетона используются специализированные элементы, такие как Solid65 или более современные Solid185/186, которые учитывают взаимодействие бетона и арматуры, а также развитие трещин и повреждений.

Возможности ANSYS позволяют проводить как линейные, так и нелинейные расчёты, включая статические, динамические, тепловые и прочностные задачи, что делает его универсальным инструментом для комплексного анализа строительных конструкций.

Скорость и эффективность моделирования в ANSYS

Одним из ключевых преимуществ ANSYS является высокая скорость расчётов при сохранении точности. Современные версии программы поддерживают автоматизацию процессов: от создания сетки до оптимизации параметров моделей с помощью встроенных инструментов, таких как Parameter Manager и optiSLang (AI+).

Использование адаптивных методов сеточного анализа и параллельных вычислений на многоядерных процессорах и графических процессорах позволяет значительно сократить время моделирования сложных конструкций. Это особенно важно при проектировании масштабных объектов и проведении многовариантных исследований.

Быстрая визуализация результатов, включая карты напряжений, деформаций и трещинообразования, помогает инженерам оперативно принимать решения и корректировать проектные решения без необходимости проведения дорогостоящих физических испытаний.

С учётом развития нормативно-правовой базы и государственных программ цифровизации строительной отрасли становится обязательным стандартом, обеспечивающим конкурентоспособность и устойчивое развитие сектора.

Таким образом, программное обеспечение Ansys даёт возможность создавать наглядные модели с описанными математическими свойствами. Это открывает большие горизонты перед инженерами, в частности строителям, позволяя за равное время выполнять не просто больший объем работы, но и более сложных задач, давая в распоряжение расширенный спектр возможностей. В нынешнее время такие программы – это необходимость для развития научно-практических возможностей учащихся и уже квалифицированных рабочих.

Список литературы

1. <https://www.ansys.com/products/connect/ansys-optislang>.
2. <https://aei.dempa.net/archives/20625>.
3. <https://cae-club.ru/publications/podhody-k-modelirovaniyu-armirovannogo-betona>.
4. https://www.litres.ru/get_pdf_trial/32500262.pdf.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ НОРМ

П.А. Гречишкина
Тульский государственный университет,
г. Тула

Аннотация. В статье исследуется исторический путь становления локальных правовых документов, используемых для внутреннего регулирования деятельности организаций. Отражены ранние формы управленческих распоряжений в древних обществах, особенности нормотворчества в цеховых и корпоративных структурах средневековья, а также этапы развития локального нормотворчества в России – от дореволюционного периода до современного законодательства. Подчёркивается значимость локальных актов в современных условиях и их роль в адаптации правового пространства под нужды конкретного работодателя.

Внутриорганизационные правовые документы, известные как локальные нормативные акты (ЛНА), представляют собой особую форму правового регулирования, создаваемую на уровне конкретного предприятия или учреждения. Их ключевая задача – упорядочить внутренние процессы, не выходя за рамки законодательства. Несмотря на кажущуюся «техническую» направленность, ЛНА имеют богатую историческую основу [1-2].

Зарождение локального нормотворчества.

Идеи внутреннего регулирования деятельности общин и коллективов появились еще в древности. В Древнем Египте, Месопотамии и античности существовали определённые внутренние правила для рабов, ремесленников, военных и служащих, отражающие зачатки локальных норм. Эти правила формировались традициями, авторитетом лидера или письменными распоряжениями.

Средние века и эпоха модерна.

В феодальных государствах локальные нормы стали приобретать форму уставов цехов, торговых союзов и монастырей. Они регулировали поведение членов общины и определяли санкции за нарушения. Эти акты носили локальный характер, действуя в рамках определённой организации или территориального образования [4].

Локальные акты в Российской империи.

В Российской империи внутреннее нормотворчество проявлялось, например, в виде уставов фабрик, учебных заведений, армейских частей. Несмотря на отсутствие единой системы, такие акты играли роль в регулировании дисциплины, норм труда и быта.

Советский период.

Период СССР стал поворотным моментом в развитии ЛНА. В условиях плановой экономики и централизованного управления возникла потребность в чётком правовом регулировании внутри организаций. В этот период начали массово формироваться правила внутреннего трудового распорядка, коллективные договоры, положения об оплате труда и прочие локальные документы [3].

Законодательная база, в том числе Трудовой кодекс РСФСР, начала предусматривать возможность и необходимость внутренней регламентации. Несмотря на идеологическую направленность, формировалась культура документального оформления организационных процессов.

Современный этап.

Современное законодательство РФ, в частности Трудовой кодекс (ст. 8, 22, 189 и др.), прямо указывает на право работодателя издавать ЛНА. Эти акты охватывают широкий спектр вопросов: от режима работы до охраны труда и антикоррупционной политики.

Большую роль играют ЛНА в контексте индивидуализации трудовых отношений и адаптации корпоративной среды к специфике конкретной организации. Судебная практика также признаёт ЛНА доказательствами в трудовых спорах, что укрепляет их правовой статус.

Локальные нормативные документы прошли долгий путь от неформальных устных правил до юридически значимых актов внутреннего регулирования. Сегодня они выполняют важную функцию – адаптацию общих правовых норм к специфике конкретной организации, обеспечивая гибкость и эффективность правового регулирования трудовых и управленческих процессов.

Список литературы

1. Киселев И.Я. *Правовое регулирование труда в России* / И.Я. Киселев. – М.: Норма, 2020. – 320 с.
2. Кравченко В.Ф. *История государства и права зарубежных стран* / В.Ф. Кравченко. – М.: Юрайт, 2019. – 432 с.
3. Прозоров А.Н. *История административного права России* / А.Н. Прозоров. – СПб.: Питер, 2020. – 256 с.
4. Меньшиков А.В. *Гильдии и цехи: правовая природа и функции* / А.В. Меньшиков // *Вестник истории права*. – 2018. – №2. – С. 54–60.

ЛОКАЛЬНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ АКТЫ ПО ОХРАНЕ ТРУДА НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

Л.В. Кашинцева¹, Н.В. Краснов¹, С.О. Кашинцева²

¹ Тульский государственный университет,
г. Тула

² МГИМО МИД России,
г. Москва

Аннотация. Локальные нормативно-правовые акты по охране труда, несмотря на их значимость, часто имеют недостатки, снижающие их эффективность. В данной статье рассматриваются некоторые типичные проблемы локальных нормативных актов в области охраны труда для тепловых электростанций, анализируются их причины и предлагаются пути совершенствования.

Локальные нормативные акты (ЛНА) по охране труда являются важнейшим элементом системы управления охраной труда на предприятиях. Эти документы регулируют вопросы безопасности персонала, и оборудования, устанавливают правила и процедуры, направленные на минимизацию промышленных и профессиональных индивидуальных и коллективных рисков. Тепловые электростанции, работающие на основе паровых котлов и турбин, относятся к объектам повышенной опасности, что обусловлено использованием сложного оборудования, также наличием таких опасных производственных факторов, как высокие температуры, повышенное давление, присутствие химических веществ и др. При работе в таких сложных условиях соблюдение требований охраны труда становится не только обязательным, но и жизненно необходимым.

Локальные нормативные акты в области охраны труда призваны повысить уровень безопасности на рабочих местах и обеспечить безаварийную работу оборудования, однако их качество и эффективность не всегда соответствуют государственным требованиям. Это, как правило, связано с тем, что составление ЛНА – процесс в значительной степени субъективный, интеллектуальный и творческий, требующий солидных и теоретических знаний, практических умений и опыта.

Основными локальными нормативными актами, разрабатываемыми на тепловых электростанциях, являются Положение о системе управления охраной труда (СУОТ), инструкции по охране труда для различных профессий и видов работ, программы обучения и инструктажей по охране труда, планы мероприятий по улучшению условий труда, а также журналы учета инструктажей и проверок знаний. Эти документы должны быть разработаны с учетом требований государственного законодательства, а также с учетом отраслевых стандартов и правил, таких как Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) и Правила по охране труда при эксплуатации тепловых энергоустановок.

Однако анализ типовых ЛНА на тепловых электростанциях выявил ряд существенных недостатков. Одной из наиболее распространенных проблем является формальный подход к разработке документов. Многие ЛНА копируют типовые тексты без учета специфики конкретной станции, что делает их малоприменимыми для практического применения. Например, инструкции по охране труда для операторов паровых котлов часто содержат общие формулировки, которые не учитывают особенности оборудования, режимы работы и возможные аварийные ситуации. В результате работники не получают четких указаний, как действовать в конкретных условиях, что повышает риск ошибок и аварий.

Еще одной проблемой является недостаточная детализация инструкций. Многие ЛНА содержат лишь общие требования, такие как «соблюдать правила безопасности» или «использовать средства индивидуальной защиты», без конкретизации, какие именно правила и средства защиты необходимо применять в той или иной ситуации. Это особенно актуально для работ, связанных с обслуживанием паровых котлов и турбин, где малейшая ошибка может привести

к серьезным последствиям. Например, при проведении ремонтных работ на паровых котлах необходимо учитывать высокие температуры и давление, а также возможность выброса пара или горячей воды. Однако в типовых инструкциях эти аспекты часто не раскрываются в достаточной мере.

Отсутствие своевременной актуализации ЛНА также является серьезной проблемой. Многие документы не обновляются в течение длительного времени, что приводит к их несоответствию действующему законодательству. Например, с введением новых требований, по специальной оценке, условий труда (СОУТ) многие ЛНА не были пересмотрены. Кроме того, изменения в оборудовании, режимах работы, технологическом процессе также требуют корректировки ЛНА, однако на практике это часто игнорируется.

Низкий уровень вовлеченности персонала в разработку и обсуждение ЛНА также снижает их эффективность. Многие работники воспринимают ЛНА как формальность, не понимая их важности в вопросах сохранения жизни и здоровья. Другие работники игнорируют положения, прописанные в инструкциях по охране труда, поскольку данные инструкции часто излишне усложнены или не конкретизированы. Одной из причин пренебрежительного отношения к инструкциям по охране труда является то, что при их разработке часто не учитывается мнение работников, которые непосредственно выполняют работы и сталкиваются с рисками. В результате ЛНА становятся формальными «бумажками», которые бесполезно читать, и за ознакомление с которыми нужно просто расписаться в журнале.

Например, на Южно-Кузбасской ГРЭС в ходе проверки Ростехнадзора было установлено, что инструкции по охране труда не учитывали специфику работы с золошлаковыми отходами, что привело к аварии с выбросом вредных веществ в окружающую среду. На Троицкой ГРЭС (ПАО «ОГК-2») выявлены нарушения в части отсутствия актуализации ЛНА после модернизации оборудования, что стало причиной травматизма среди работников. Также проверка показала, что часто ЛНА не содержали четких указаний по действиям при аварийных ситуациях, что привело к задержке в ликвидации аварии и увеличению ущерба.

Согласно данным Ростехнадзора, в 2022 году на тепловых электростанциях было зарегистрировано более 120 случаев производственного травматизма, из которых 15 % связаны с недостатками в ЛНА. Более 30 % проверок выявили нарушения в части актуализации и содержания ЛНА. При этом 60 % работников отметили, что инструкции по охране труда не содержат конкретных указаний по действиям в аварийных ситуациях.

Для решения этих проблем необходимо внедрить ряд мер, направленных на совершенствование локальных нормативных актов. Во-первых, ЛНА должны разрабатываться с учетом специфики конкретной станции, включая особенности оборудования, режимов работы и возможных рисков. Например, для операторов паровых котлов необходимо детально прописать действия при аварийных ситуациях, таких как разрыв трубопровода или отказ автоматики. Это снизит риск ошибок и позволит работникам четко понимать, как действовать в критических ситуациях.

Во-вторых, инструкции по охране труда должны быть максимально детализированными и содержать конкретные указания, учитывающие все возможные риски. Например, при проведении ремонтных работ на паровых котлах необходимо указать, какие средства индивидуальной защиты использовать, как часто и каким образом проверять оборудование перед началом работ, и какие меры предпринять в случае аварии. Четкость и ясность положений в инструкциях позволит работникам выполнять их, и тем самым снизит риск травматизма и профессиональных заболеваний.

В-третьих, ЛНА должны регулярно актуализироваться в соответствии с изменениями в законодательстве и технологических процессах. Для этого необходимо назначить ответственных лиц, которые будут отслеживать изменения и вносить соответствующие корректировки в документы. Например, с введением новых требований по СОУТ необходимо пересмотреть Положение о системе управления охраной труда и внести изменения в программы обучения и инструктажей.

В-четвертых, для повышения эффективности ЛНА необходимо активно вовлекать персонал в процесс их разработки и обсуждения. Это может быть достигнуто через проведение рабочих групп, анкетирование и обсуждение проектов документов с работниками. Например, при разработке инструкций по охране труда для операторов паровых котлов можно провести обсуждение с участием опытных работников, которые могут предложить практические рекомендации и указать на возможные риски. Это позволит сделать ЛНА более понятными и применимыми на практике.

Кроме того, для повышения эффективности ЛНА можно внедрить электронную систему управления документами. Это позволит автоматизировать процесс разработки, утверждения и актуализации ЛНА, а также обеспечить быстрый доступ к документам для всех работников. Например, можно создать электронную базу данных, в которой будут храниться все ЛНА, а также предусмотреть возможность их обновления и уведомления работников о изменениях.

Проведение регулярных тренингов и обучающих мероприятий также способствует повышению уровня знаний и навыков персонала в области охраны труда. Например, можно организовать тренинги по безопасной эксплуатации паровых котлов и турбин, где работники смогут отработать действия при аварийных ситуациях и получить практические навыки. Это позволит повысить их готовность к действиям в критических ситуациях и снизить риск травматизма.

Локальные нормативные акты по охране труда играют ключевую роль в обеспечении безопасности на тепловых электростанциях. Однако их эффективность зависит от качества разработки, актуализации и вовлеченности персонала. Предложенные меры по совершенствованию ЛНА позволят повысить уровень охраны труда и снизить риски производственного травматизма на тепловых электростанциях. Для достижения наилучших результатов необходимо комплексно подходить к разработке и внедрению ЛНА, учитывая специфику производства, изменения в законодательстве и мнение работников.

Список литературы

1. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
2. ГОСТ ISO 45001-2020 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению». – М.: Стандартинформ, 2020.
3. Рекомендации по разработке локальных нормативных актов в области охраны труда / Под ред. А.И. Котова. – М.: НИИ труда, 2019. – 156 с.
4. Иванов А.В. Современные подходы к управлению охраной труда на промышленных предприятиях / А.В. Иванов, С.П. Петрова // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 5. – С. 45-52.
5. Хруначев А.Г. Профессиональный риск. Теория и практика расчета / А.Г. Хруначев [и др.]. – Тула: Тульский государственный университет, 2011. – 330 с.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

И.В. Влацкая, В.В. Бахуревич
ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы управления информационными потоками в технологических процессах и выявления аномалий, способных нарушить их стабильное функционирование. Предложен комплексный подход к повышению устойчивости систем, включающий применение предиктивной аналитики на основе машинного обучения, регулярную диагностику оборудования и дублирование критически важных узлов. Особое внимание уделено разработанной системе оценки безопасности (SecAsses), которая обеспечивает мониторинг состояния датчиков и оборудования в реальном времени, визуализацию данных и оперативное реагирование на угрозы. Практическая значимость исследования заключается в предложении конкретных решений для минимизации простоев, предотвращения аварийных ситуаций и повышения надежности промышленных систем. Результаты могут быть применены в различных отраслях, где используются автоматизированные системы управления технологическими процессами.*

Любой технический процесс можно представить в виде совокупности информационных потоков. Нормальный режим работы характеризуется стабильным и бесперебойным функционированием в рамках заданных параметров. Возмущения в информационных потоках могут возникать по разным причинам: программные сбои, кибератаки, недостаточное обслуживание оборудования, ошибки конфигурации, человеческий фактор. Данные аномалии способны нарушить передачу и обработку данных, что требует современного выявления и устранения.

Управление информационной системы, в нотации IEDF0, представлено на рисунке 1.



Рис. 1. Контекстная диаграмма

На рисунке 2 представлена декомпозиция контекстной диаграммы.

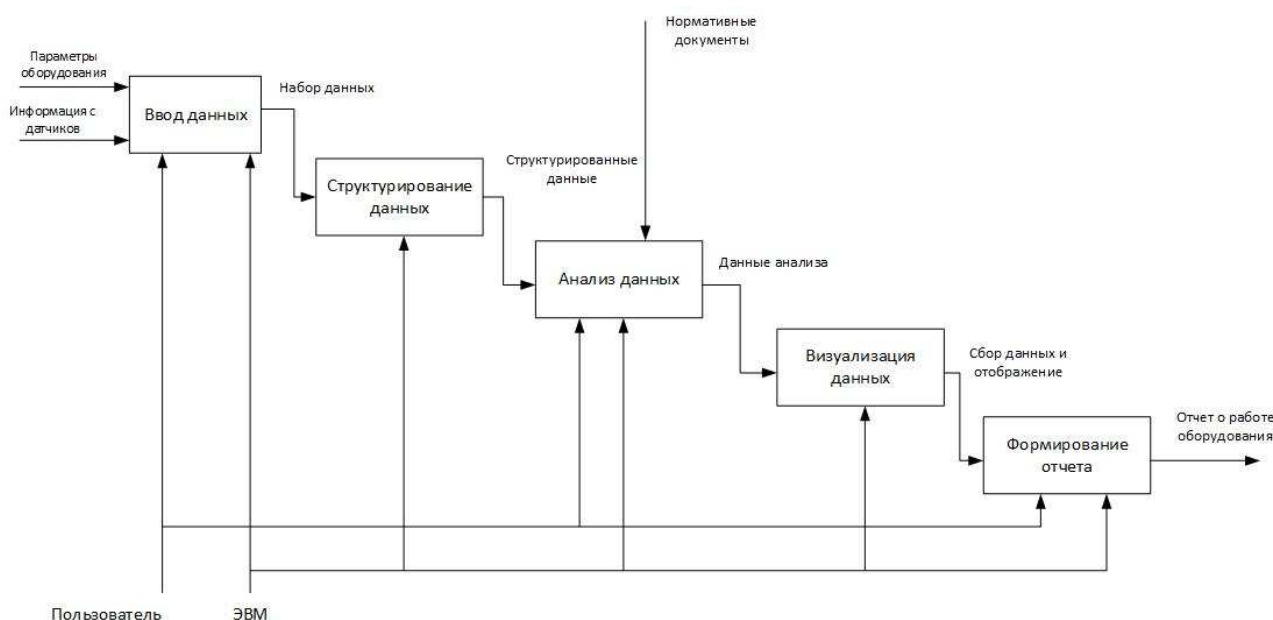


Рис. 2. Декомпозиция контекстной диаграммы

На данных схемах отображены информационные потоки системы управления технологическими процессами, включающие ключевые этапы обработки данных в технологической системе.

Исходя из этого, можно выявить возможные аномальные ситуации и их влияние на систему управления, представленные в таблице 1.

Таблица 1
Возможные аномальные ситуации

Тип аномалии	Причины возникновения	Возможные последствия
Механические неисправности	Износ конвейерных лент, выход их строя двигателей, нарушение работы натяжного механизма	Остановка транспортировки продукции, простои производства, повреждение сырья

Продолжение таблицы		
Отключение параметров работы оборудования	Перегрев двигателей, колебания скорости движения конвейеров, нестабильное электропитание	Нарушение синхронизации производственных процессов, сбои в термообработке продукции
Сбой в системе управления (SCADA/PLC)	Ошибки в алгоритмах управления, отказ контроллеров, нарушения связи между узлами	Потеря контроля над конвейерами, аварийное выключение линий, некорректная работа оборудования
Неисправности датчиков и сенсоров	Отказы или ложные срабатывания температурных, весовых или оптических датчиков	Ошибки в дозировании, нарушенный контроль качества продукции
Аномальные нагрузки	Перегрузка конвейера, застревание продукции, неравномерное распределение нагрузки	Повышенный износ деталей, аварийное выключение транспортной линии

Для оптимизации функционального назначения необходимы системы предиктивной аналитики на основе машинного обучения для прогнозирования отказов; регулярная диагностика и калибровка датчиков; дублирование критически важных узлов системы управления (резервные контроллеры, источники питания).

Таким образом, актуальной задачей становится разработка оценки безопасности технической системы (SecAsses), которая отображает информацию о системах, используемых на предприятии, а также доступных датчиков в системе.

На рисунке 3 представлен интерфейс окна с датчиками.

Доступные датчики:
Датчик температуры подшипников (Начало: 2024-01-01, Конец: 2024-09-01)
Датчик скорости ремня (Начало: 2024-02-15, Конец: 2024-10-15)
Датчик натяжения ремня (Начало: 2024-03-10, Конец: 2024-11-10)
Датчик тока и напряжения (Начало: 2024-04-05, Конец: 2024-12-05)
Датчик гидравлического давления (Начало: 2024-05-20, Конец: 2025-01-20)
Датчик уровня жидкости (Начало: 2024-06-12, Конец: 2025-02-12)
Датчик шума (Начало: 2024-07-07, Конец: 2025-03-07)
Датчик температуры и влажности продукта (Начало: 2024-09-25, Конец: 2025-05-25)
Датчик веса продукта (Начало: 2024-10-03, Конец: 2025-06-03)
Датчик вибрации (Начало: 2024-11-14, Конец: 2025-07-14)
Датчик износа (Начало: 2024-12-22, Конец: 2025-08-22)

Рис. 3. Интерфейс окна

При выборе определенного датчика можем отследить его показатели в реальном времени. На рисунке 4 представлен интерфейс окна мониторинга конкретного датчика.

Мониторинг датчика: bearing_temperature_sensor

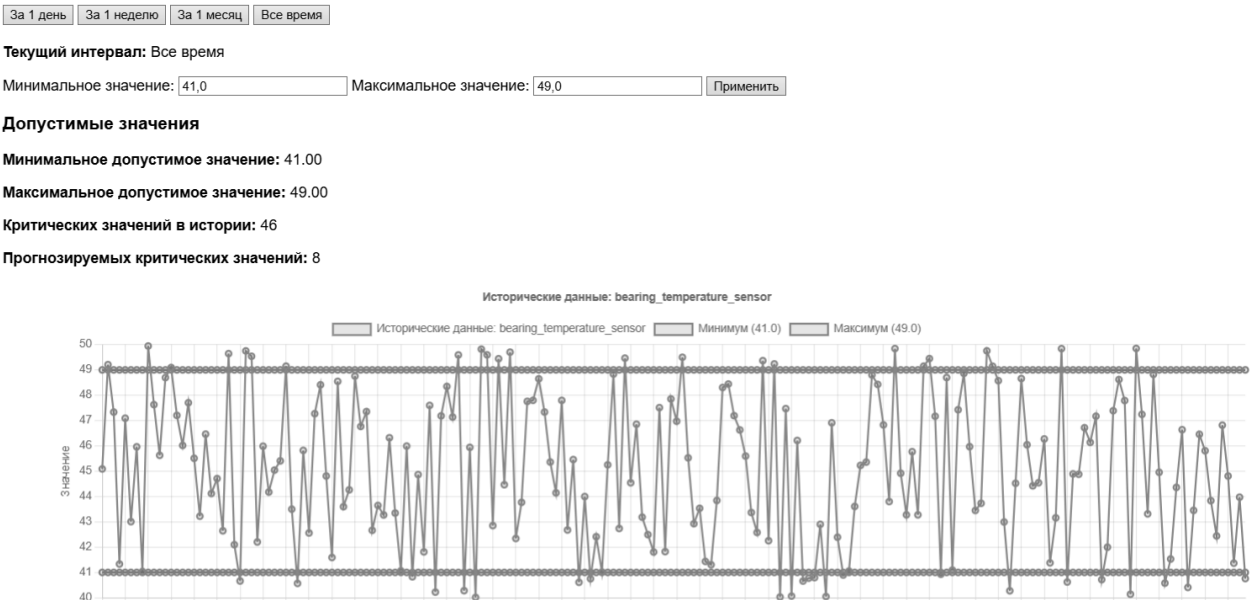


Рис. 4. Интерфейс окна мониторинга датчика

Также можем увидеть систему, которая подверглась атакам, то есть в ней есть датчики, которые нуждаются в замене либо настройке.

На рисунке 5 представлен интерфейс системы, подверженной атакам.

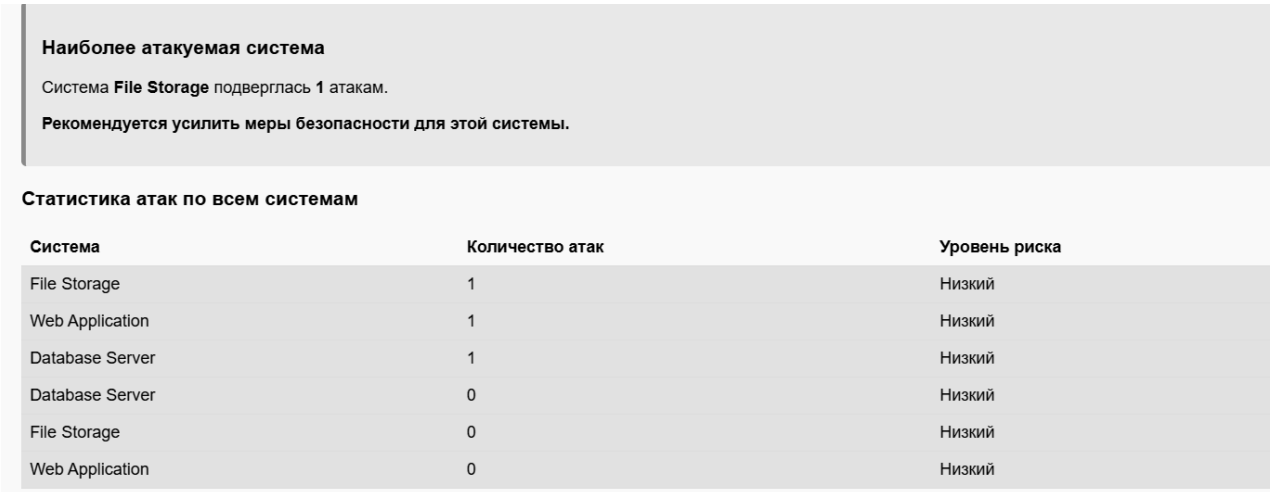


Рис.5. Интерфейс атакуемой системы

Таким образом, разработанная система предоставляет оценку безопасности технической системы. Визуализация данных через диаграммы и таблицы позволяет наглядно оценить текущее состояние системы и оперативно реагировать на угрозы.

Практическая значимость заключается в предложении конкретных решений для повышения устойчивости технологических процессов.

Список литературы

1. Жижимолов О.Л. О методах сравнения информационных систем, их классификации и специальных сервисах: доклад / О.Л. Жижимолов. – Сибирское отделение Российской академии наук – Новосибирск: СО РАН, 2014. – 24с.
2. Влацкая И.В. Проектирование и реализация прикладного программного обеспечения: учебное пособие / И.В. Влацкая, Н.А. Заельская, Н.С. Надточий. – Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2015. – 118 с. – ISBN 978-5-7410-1238-3.
3. Влацкая И.В. Автоматизация и моделирование информационных систем технологического процесса / И.В. Влацкая, В.В. Бахуревич // Научно-технический вестник Поволжья. – 2025. – №4. – С. 244-247.

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДАМБЫ

Ю.И. Бик, В.В. Дегтярева

Сибирский государственный университет водного транспорта,
г. Новосибирск

***Аннотация.** Рассмотрены возможности эксплуатации земляного полотна дамбы в качестве автомобильной дороги. Определены допустимые нагрузки на земляное сооружение. Введены ограничения для эксплуатации определенного вида автомобильного транспорта.*

При эксплуатации дамб в качестве автомобильной дороги необходимо обеспечивать требуемый уровень надежности по прочности, устойчивости и деформативности земляного полотна при воздействии установленных внешних и внутренних нагрузок в соответствии с [1].

Согласно [2] транспортная нагрузка на дамбу учитывается:

- в виде дополнительной статической нагрузки на поверхности земляного полотна;
- дополнительного динамического воздействия, возникающего, распространяющегося и затухающего в грунтах земляного полотна и его основания, приводящего к снижению расчетных значений прочностных и деформативных свойств грунтов.

Статические нормативные и расчетные характеристики грунтов при оценке надежности земляного полотна определяются в соответствии с характеристиками грунтов, слагающих тело земляного полотна дамбы [3, 4].

При учете динамических воздействий от транспортных средств в расчетах прочности, устойчивости и деформативности земляного полотна дамбы, на гребне которой организована автомобильная дорога, следует задаваться нормативными нагрузками и расчетными схемами нагружения в соответствии с [5, 6].

В докладе рассматривается методика расчета допустимой нагрузки на земляное полотно дамбы [7-9] на примере правобережной дамбы подходного канала Новосибирского шлюза. Технологический проезд транспортных средств расположен на гребне правобережной дамбы нижнего подходного канала Новосибирского шлюза.

Одним из основных факторов, влияющих на устойчивость грунтового сооружения, являются гидрологические условия грунтов. Грунтовые отложения рассматриваемой дамбы представлены песками различной крупности, супесями, суглинками и глинами. Мощности перечисленных осадков не выдержаны по глубине и в плане, грунты часто выклиниваются и замещают друг друга. На заболоченном участке (район старичного озера) распространены болотные отложения в виде сильно-разложившегося бурого торфа. Насыпные грунты неоднородного состава представляют собой смесь гравелистого песка, галечника, супеси, суглинка и строительного мусора.

Водовмещающими породами являются пески пылеватые, мелкие средней крупности, реже супеси, в подошве отложений залегают пески гравелистые, гравийный и галечниковый грунт.

В зависимости от отметок поверхности и уклона грунтового потока глубина залегания грунтовых вод меняется от 2,9 до 9,0 метров.

Расчет устойчивости откоса земляного полотна дамбы при Новосибирском шлюзе с учетом динамического воздействия от транспортных средств был выполнен с учетом возможного перемещения части откоса в результате среза по критической поверхности, принимаемой по форме круглоцилиндрической с некоторым поворотом вокруг горизонтальной оси [2, 10].

Расчеты выполнялись для условий плоской задачи, т.е. для элемента откоса протяженностью (вдоль трассы) 1.0 м. Ширина дамбы принята 10 метров, высота 11,57 метров, заложение откоса со стороны НПК 1:3. В качестве грунта, составляющего тело дамбы, принят песок средней крупности плотностью $\rho_s = 2,03 \text{ т/м}^3$ с углом внутреннего трения 35° (блоки 1-2), с углом внутреннего трения 25° (блоки 3-4); суглинок плотностью $\rho_s = 1,9 \text{ т/м}^3$ с углом внутреннего трения 20° (блоки 5-10) и удельным сцеплением $c = 0,1 \text{ т/м}^2$.

При расчетах устойчивости откосов земляного полотна дамбы учитывались возникающие в нем усилия от собственного веса грунтовой толщи с учетом уровня воды в НПК и от воздействия временной подвижной нагрузки интенсивностью q .

Расчет нормативной нагрузки интенсивностью q от автотранспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования выполнялся на основании ГОСТ [6].

Схема нагрузки (АК) соответствует нагрузке от легковых автомобилей, схема б) (НК) рекомендуется для транспортных средств, осуществляющих перевозки тяжеловесных грузов (грузовой транспорт) [6].

Нормативная нагрузка АК включает одну двусосную тележку с нагрузкой на ось 10К (кН), и равномерно распределенную вдоль дороги нагрузку q интенсивностью К (кН/м).

Класс нагрузки К принят в расчетах равным 10 (для автомобильных дорог с облегченными и переходного типа дорожными одеждами [6]). Базу тележки нагрузки АК (d) при расчетах автомобильных дорог принимают равной 2,5 м.

Нагрузку от тележки АК приводим к эквивалентной равномерно распределенной нагрузке [6] интенсивностью q_{AK} (кПа):

$$q_{AK} = \frac{7,4n}{B_{zn}} K = \frac{7,4 * 2 * 10}{10} = 14,8 \text{ кПа} \cong 1,5 \text{ м} / \text{м}^2,$$

где $B_{zn}=10$ – ширина земляного полотна поверху;

$n=2$ – число полос движения;

$K=10$ – класс нагрузки для автомобильных дорог с облегченными и переходного типа дорожными одеждами.

Нормативная нагрузка НК представлена в виде одиночной четырехосной тележки с нагрузкой на ось 18К (кН). Класс нагрузки принимаем $K=8,3$ (для автомобильных дорог всех категорий [5]).

Подвижную нагрузку интенсивности q от грузового транспорта на поверхность земляного полотна определяют по формуле [5]:

$$q_{НК} = \frac{4 * 18K}{(D + 0,2)(c + 0,8)} = \frac{4 * 18 * 8,3}{3,8 * 3,5} = 45 \text{ кН} / \text{м}^2 = 4,5 \text{ м} / \text{м}^2,$$

где $D=3,6$ – база нагрузки НК (м);

$c=2,7$ – ширина колеи нагрузки (м).

Для оценки устойчивости откосов земляного полотна, предполагая, что нарушение его устойчивости может произойти в форме обрушения со срезом и вращением, используется метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения в модификации К. Терцаги.

Степень устойчивости откоса земляного полотна оценивается по величине коэффициента запаса устойчивости, определяемого отношением момента удерживающих сил $M_{уд}$ к моменту сдвигающих сил $M_{сдв}$, относительно центра наиболее опасной дуги скольжения

$$K = \frac{M_{уд}}{M_{сдв}}.$$

Для определения коэффициента запаса устойчивости выделенный сползающий массив грунта, ограниченный кривой скольжения, разделяется вертикальными сечениями на 10 блоков. Ширина блоков принята 4 метра.

Динамическое воздействие от транспортных средств учитывается введением распределенной нагрузки на гребне дамбы с интенсивностью q , определяемой по первой вышеприведенной формуле для легковых машин и по второй формуле для грузовых [5].

На основании полученной расчетной схемы для каждого выделенного блока определяется реакция грунта на поверхности скольжения, состоящая из силы трения $N_i * \text{tg} \phi_i$ прямо пропорциональной нормальному давлению, и силы сцепления $C_i l_i$, где ϕ_i – расчетное значение угла внутреннего трения грунта в i -м блоке при динамическом воздействии; расчетное значение удельного

сцепления грунта в i -м блоке; l_i – длина отрезка дуги скольжения в пределах i -го блока; $N_i = Q_i * \cos \alpha_i$ – нормальная составляющая веса i -го блока; α_i – угол наклона поверхности скольжения блока к горизонту.

Сдвигающая сила определялась по зависимости $T_i = Q_i * \sin \alpha_i$.

Результаты расчетов приведены в табл.1,2.

Таблица 1

Расчет характеристик устойчивости грунтовых блоков при нормативной нагрузке АК на гребне дамбы (легковой автотранспорт)

Порядковый номер блока	Q_i	$T_i = Q_i * \sin \alpha_i$	$N_i = Q_i * \cos \alpha_i$	$N_i * \operatorname{tg} \phi_i$	$C_i l_i$
1	16,5	10,5	12,7	8,9	0
2	40,22	22,7	33,0	23,1	0
3	47,5	23,7	41,3	19,2	0
4	53,2	20,8	48,9	22,8	0,4
5	28,0	8,7	26,6	9,6	0,4
6	25,1	6,5	24,3	8,7	0,4
7	24,2	3,8	23,8	8,6	0,4
8	19,2	0,6	19,2	6,9	0,4
9	14,0	0,4	14,0	5,0	0,4
10	9,1	1,4	8,9	3,2	0,6
ИТОГО		99,1		116,0	3,0

Таблица 2

Расчет характеристик устойчивости грунтовых блоков при нормативной нагрузке НК на гребне дамбы (грузовой автотранспорт)

Порядковый номер блока	Q_i	$T_i = Q_i * \sin \alpha_i$	$N_i = Q_i * \cos \alpha_i$	$N_i * \operatorname{tg} \phi_i$	$C_i l_i$
1	28,4	18,3	27,9	15,3	0
2	49,2	28,1	40,3	28,2	0
3	47,5	23,7	41,3	19,2	0
4	53,2	20,8	48,9	22,8	0,4
5	28,0	8,7	26,6	9,6	0,4
6	25,1	6,5	24,3	8,7	0,4
7	24,2	3,8	23,8	8,6	0,4
8	19,2	0,6	19,2	6,9	0,4
9	14,0	0,4	14,0	5,0	0,4
10	9,1	1,4	8,9	3,2	0,6
ИТОГО		112,3		127,5	3,0

На основании проведенных расчетов определялся коэффициент запаса устойчивости откоса земляного полотна для принятой поверхности скольжения:

$$K = \frac{\sum (N_i * \operatorname{tg} \phi_i + C_i l_i)}{\sum T_i}.$$

Согласно данным табл. 1-2, находятся коэффициенты устойчивости откоса земляного полотна для рассмотренных условий работы дамбы:

- в случае наличия легкового автотранспорта на гребне плотины

$$K = 116,0 + 3,0 / 99,1 = 1,2;$$

- в случае наличия грузового автотранспорта на гребне плотины

$$K = 127,5 + 3,0 / 112,3 = 1,16.$$

Учитывая, что для дорог второй категории, согласно ГОСТ, нормативный коэффициент устойчивости откоса составляет $K_H = 1,2$, делаем заключение о том, что движение грузового транспорта ($K = 1,16 < 1,2 = K_H$) по гребню дамбы недопустимо. Движение легкового транспорта соответствует нормативным нагрузкам. Движение большегрузного транспорта (с нагрузкой на ось более 3 тонн) по правобережной дамбе нижнего подходного канала Новосибирского шлюза, с целью обеспечения прочности и устойчивости откоса гидротехнического сооружения и недопущения деформации земляного полотна, должно быть запрещено.

Список литературы

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Введ. 2015-07-01. М., 2015. -14 с.
2. ОДМ 218.2.068-2016 Рекомендации по учету динамического воздействия от современных транспортных средств при расчетах прочности, устойчивости и деформативности земляного полотна. Введ. 27.04.2016. М., 2016. -51с.
3. Декларация Безопасности Новосибирского шлюза НРГС., 2023. – 115 с.
4. Отчет по НИР. Обследование Новосибирского шлюза. Новосибирск: СГУВТ. – 2022. – 68 с.
5. ГОСТ Р 52748-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. Введ. 2008-01-01. М., – 2008. – 17 с.
6. ГОСТ 32960-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения. Введ. 2015-07-01. – М.- 2015. – 7с.
7. Бик Ю.И. Оценка устойчивости береговых откосов при меандрировании рек / Ю.И. Бик, В.В. Дегтярева. – Сибирский научный вестник XXIV. – 2020. – С.54-56.
8. Бик Ю.И. Оценка устойчивости берега на Ново-Логиновском повороте реки Иртыш / Ю.И. Бик, В.В. Дегтярева. – Научные проблемы Сибири и Дальнего Востока. – 2023. – №2. – С.73-76.
9. Бик Ю.И. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния гидротехнических сооружений / Ю.И. Бик. – Новосибирск: СГУВТ, 2018. – 105 с.
10. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. Введ.2001-01-01.- М. - 2001. -143 с. Дата актуализации:2021-01-01.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИВИНИЛАЦЕТАТА НЕПРЕРЫВНЫМ СПОСОБОМ

И.Ф. Исхаков

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** В данной статье приводится описание процесса непрерывной полимеризации винилацетата. Полимеризацию винилацетата проводят в среде алифатических спиртов, бензола, ацетона, сложных эфиров уксусной кислоты и других органических растворителей. В качестве инициаторов реакции применяют динитрил азобисизомаляной кислоты. При полимеризации винилацетата в растворе в качестве среды применяют растворитель, в котором растворяются и исходный мономер, и образующийся полимер.*

Технологический процесс производства поливинилацетата может осуществляться периодическим или непрерывным способом. В настоящее время именно непрерывный способ широко используется для достижения более стабильного качества, повышения производительности и снижения себестоимости.

Автоматизация процесса непрерывной полимеризации винилацетата позволяет:

- стабилизировать температурный режим в зоне реакции, поддерживая оптимальные условия протекания полимеризации;
- точно регулировать подачу компонентов (мономер, растворитель, инициатор);
- контролировать качество конечного продукта и вовремя реагировать на отклонения;
- обеспечить безопасность и предотвратить нештатные ситуации.

Технологический процесс производства поливинилацетата непрерывным способом состоит из следующих стадий: приготовление раствора инициатора, полимеризация винилацетата, отгонка непрореагировавшего винилацетата. Схема производства поливинилацетата непрерывным способом представлена на рисунке 1.

Технологический процесс производства поливинилацетата непрерывным способом состоит из следующих стадий: приготовление раствора инициатора, полимеризация винилацетата, отгонка непрореагировавшего винилацетата.

Винилацетат через подогреватель поступает в полимеризатор А1, в который подается также раствор инициатора в метаноле. Полимеризацию проводят при температуре 65 - 68 °С до степени конверсии мономера, равной 35 %. Продолжительность полимеризации в полимеризаторе А1 составляет 4 ч. Затем реакционная смесь поступает во второй полимеризатор А2, в который подается метанол и раствор инициатора в метаноле. Содержание метанола в полимеризате доводят до 25-30 объемн. % и инициатора до 0,065 - 0,075 объемн. %. Полимеризацию проводят при 68 -70 °С до степени конверсии мономера, равной 60 – 65 %, Продолжительность процесса в полимеризаторе А2 составляет 4 - 5 ч.

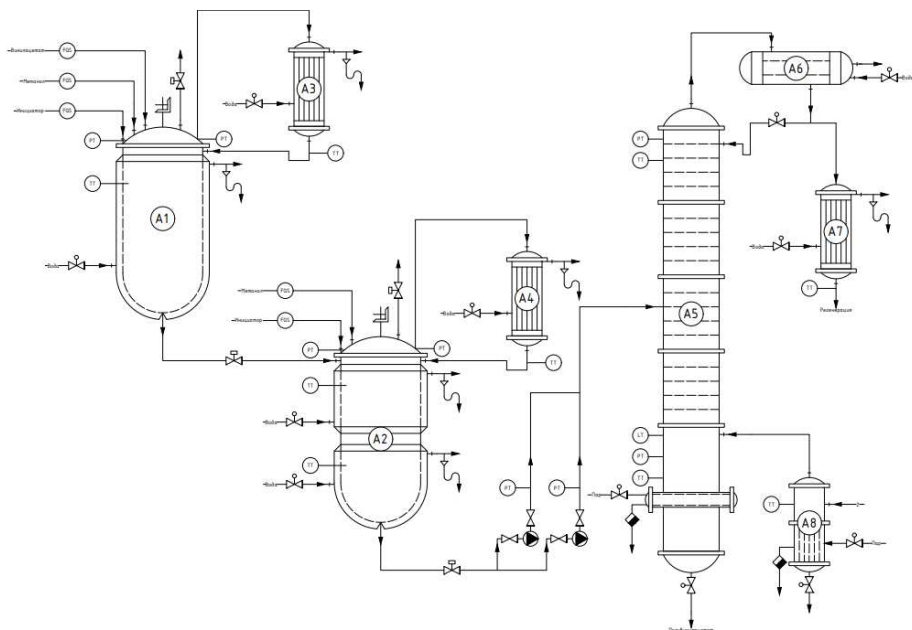


Рис. 1. Схема процесса производства поливинилацетата непрерывным способом

Раствор поливинилацетата в метаноле, содержащий непрореагировавший винилацетат, из полимеризатора *A2* при помощи насосов направляют в ректификационную колонну *A5* для отгонки винилацетата. Отгонку производят парами метанола, подаваемого из испарителя *A8* в нижнюю часть колонны. Пары винилацетата, метанола и ацетальдегида через конденсатор *A7* направляют на регенерацию.

Раствор поливинилацетата в метаноле (лак), содержащий 25 % полимера, передают в отделение получения поливинилового спирта

Для автоматизации производства применяются следующие датчики:

- **Датчики температуры.** Так как температура в данном технологическом процессе не достигает больших значений, то оптимальным выбором будет использование термопреобразователей сопротивления Pt100.

- **Датчики давления.** Для измерения избыточного давления в реакторах и верхней части колонны выбирают интеллектуальные преобразователи.

- **Датчики уровня.** Для испарителя и ректификационной колонны нередко используют радарные уровнемеры, обеспечивающие контактно-безопасное измерение.

- **Расходомеры.** Для измерения расхода вязких сред и получения более точных данных применяют кориолисовые расходомеры.

Оптимальным решением для управления непрерывным процессом являются ПЛК, имеющие достаточное число каналов ввода-вывода и возможности интеграции с системами визуализации (SCADA). В данном производстве был использован ПЛК линейки Siemens S7-400H с горячим резервированием. Для аварийного отключения реакторов был использован контроллер ПА3 Siemens S7-400FH того же производителя, отвечающий за блокировки при достижении опасных значений давления или температуры.

Автоматизация производства поливинилацетата непрерывным способом базируется на точном контроле температуры, давления и расхода реагентов, а

также на своевременном выявлении аварийных ситуаций. Применение современных датчиков в взрывозащищённом исполнении, а также внедрение ПЛК с системой противоаварийной защиты (ПАЗ) позволяет:

- увеличить стабильность качества конечного продукта;
- свести к минимуму риск человеческого фактора;
- повысить безопасность технологического процесса;
- существенно оптимизировать расходы за счёт сокращения простоев и снижения брака.

Таким образом, грамотная реализация автоматизации даёт существенный экономический и производственный эффект, повышая конкурентоспособность предприятия, занимающегося выпуском поливинилацетата.

Список литературы

1. Кузнецов Е.В. Альбом технологических систем производства полимеров и пластических масс на их основе / Е.В. Кузнецов, И.П. Прохорова, Д.А. Файзуллина. – издание второе изд. – Москва: Химия, 1976. – 108 с.
2. <https://mash-xxl.info>
3. <https://mplast.by/encyklopedia/polivinilatsetat>
4. Антонов А.С. Автоматизированная система управления сжатием газа / А.С. Антонов, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научный аспект. – 2019. – Т. 13, № 2. – С. 1580-1584.

АСУТП ПРОИЗВОДСТВА ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

М.А. Ткаченко

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка системы автоматизации производства этилцеллюлозы. Данный процесс был рассмотрен с позиции задач управления, были определены технологические параметры, подлежащие контролю, регулированию, защите и сигнализации. Осуществлен выбор комплекса технических средств для автоматизации данного технологического процесса.

Этилцеллюлоза представляет собой простой эфир целлюлозы, получаемый действием хлористого этила на щелочную целлюлозу в присутствии едкого натра, твердые частицы слегка желтоватого цвета плотностью 1,07-1,18 Мг/м³ (г/см³). Свойства этилцеллюлозы зависят от степени этилирования и степени полимеризации. Наибольшее применение находит этилцеллюлоза с высокой степенью замещения 2,3-2,6 (этоксильное число 45-49 %). Она хорошо растворяется в бензоле, толуоле, хлорированных углеводородах, ацетоне и смесях растворителей [1].

Технологический процесс получения этилцеллюлозы состоит из следующих стадий: мерсеризация целлюлозы, алкилирование, целлюлозы, осаждение этилцеллюлозы, отгонка летучих, промывка и отделение продукта от

влаги и регенерация растворителей. Разработанная схема АСУТП производства этилцеллюлозы представлена на рисунке.

0/101051 ШИФР

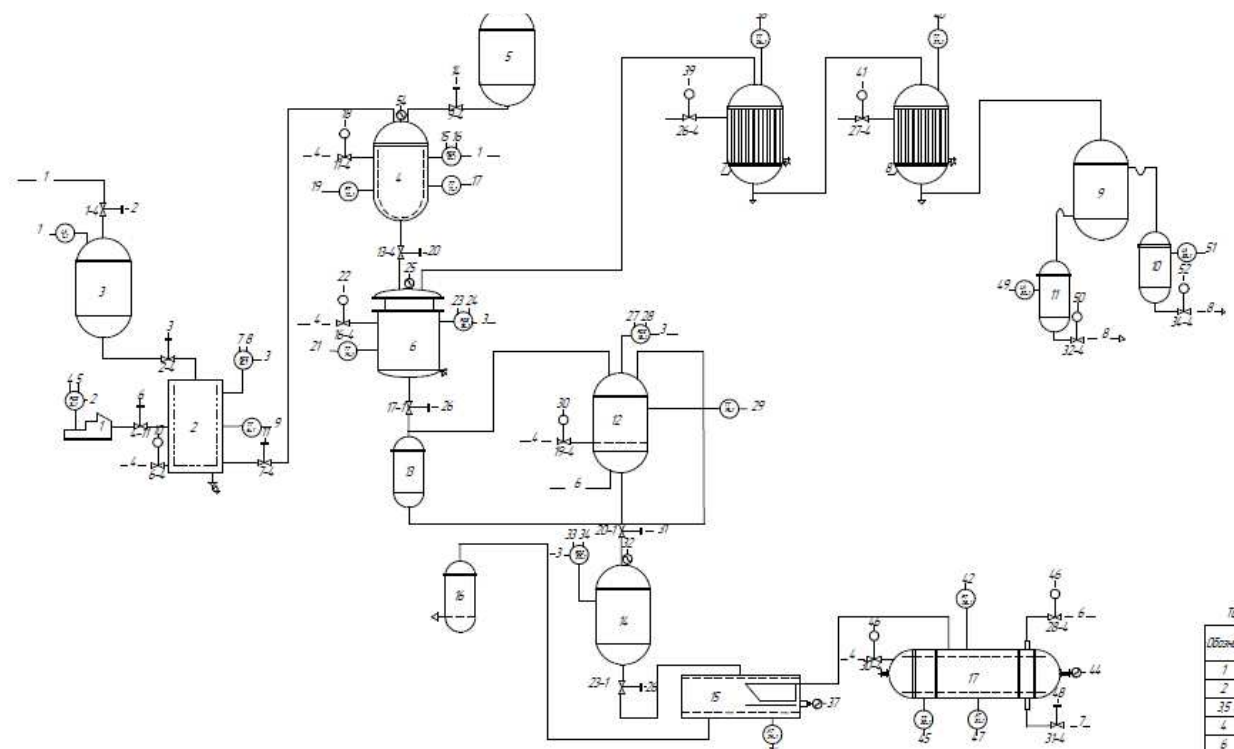


Схема АСУТП производства этилцеллюлозы

Основными параметрами, подлежащими контролю, регулированию и сигнализации, являются: давление, расход, уровень, температура и влажность. В качестве датчика температуры выбран – Метран-286-Exd. Для получения информации о значения давления – PS-02, а влажности – DHTS-XX0R100-C04-S. В качестве сигнализатора уровня выступает – РИЗУР-900. Для непрерывного регулирования технологических параметров предлагается использовать регулирующие и отсечные клапана.

Для реализации функции сбора и обработки информации с последующей выдачей управляющих воздействий согласно программному алгоритму было выбрано контроллерное оборудование для системы управления. Был произведен сравнительный анализ основных технических и эксплуатационных характеристик контроллеров различных производителей, в результате которого в качестве контроллера системы управления был выбран контроллер Delta V от фирмы Emerson [2].

Оборудование системы управления обеспечивают надежность и высокую эксплуатационную готовность [3].

Внедрение разработанной АСУТП позволит повысить качество управления технологическим процессом, сократить количество и время локализации аварийных ситуаций и отказов оборудования, сократить время простоев оборудования, улучшить качество и увеличить объем выпускаемой продукции [4].

Список литературы

1. Кузнецов Е.В. Альбом технологических систем производства полимеров и пластических масс на их основе / Е.В. Кузнецов, И.П. Прохорова, Д.А. Файзуллина. – второе изд. – Москва: Химия, 1976. – 108 с.
2. Сайт «oborudka». – URL: <https://oborudka.ru/article/2.html>
3. Чупаев А.В. Обзор МЭК-комплексов программирования / А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXXII междунар. научно-практич. конф., Тула, 15 марта 2023 года / Под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Издательство «Инновационные технологии», 2023. – С. 181-185. – EDN WZDRYY.
4. Антонов А.С. Автоматизированная система управления сжатием газа / А.С. Антонов, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научный аспект. – 2019. – Т. 13, № 2. – С. 1580-1584.

АСУТП ПРОИЗВОДСТВА БЛОЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА

Ф.Р. Ханов

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка системы автоматизации производства блочного полистирола. Данный процесс был рассмотрен с позиции задач управления, были определены технологические параметры, подлежащие контролю, регулированию, защите и сигнализации. Осуществлен выбор комплекса технических средств для автоматизации данного технологического процесса.

Полистирол представляет собой продукт полимеризации стирола. В промышленности полистирол получается блочным, эмульсионным и суспензионным методами. Полимеризацию стирола блочным методом осуществляют под действием тепла, без применения инициаторов. Полимеризацию проводят в несколько стадий. Свойства полистирола зависят от степени полимеризации и метода производства. В процессе производства в полистирол вводятся стабилизаторы, антипирены, красители и прочие модифицирующие добавки. Его используют в различных областях: строительстве, медицине, дизайне интерьеров и электротехнике. [1].

Технологический процесс получения блочного полистирола состоит из следующих стадий: предварительная полимеризация стирола, окончательная полимеризация стирола, охлаждение и измельчение полистирола. Разработанная схема АСУТП производства блочного полистирола представлена на рисунке.

Основными параметрами, подлежащими контролю, регулированию и сигнализации, являются: давление, расход, уровень и температура. В качестве датчика температуры выбран – ТСП101. Для получения информации о значении давления – «ЭМИС»-БАР 173 и «ЭМИС»-БАР 183. В качестве измерения уровня выступает – ЭХО-5Н. Для непрерывного регулирования технологических параметров предлагается использовать регулирующие и отсечные клапана.

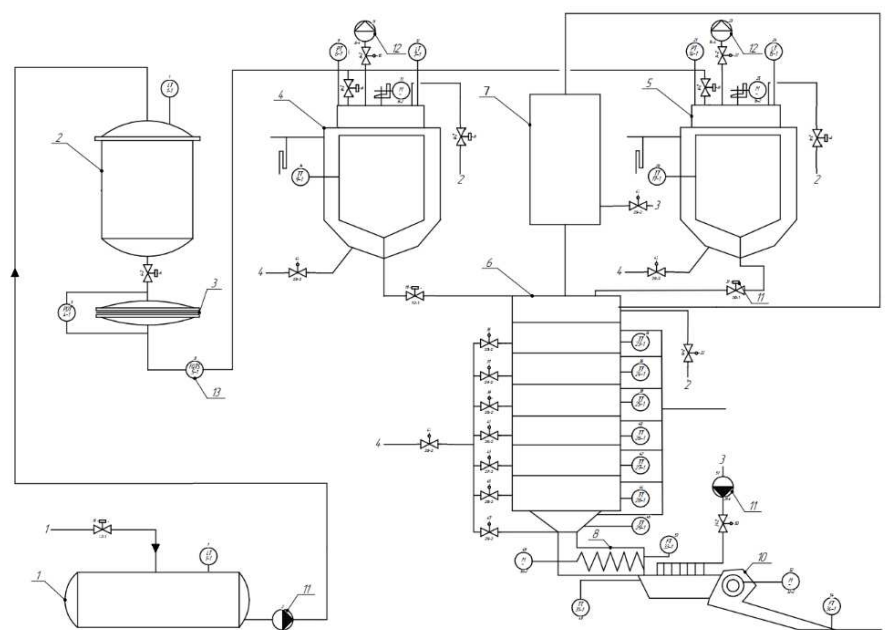


Схема АСУТП производства блочного полистирола

Для управления данным технологическим процессом был осуществлен выбор контроллерного оборудования систем управления и противоаварийной защиты. В результате сравнения основных характеристик контроллеров разных производителей, в качестве контроллера системы управления и системы противоаварийной защиты выбран контроллер АБАК ПЛК К3 фирмы АО НИЦ «Инкомсистем» [2,3]. Использование данного контроллера позволяет значительно повысить надежность протекания технологического процесса, а также повысить его безопасность и эффективность.

Заключение. Был проведен анализ процесса производства блочного полистирола с позиций задач управления. Были определены параметры, подлежащие контролю, регулированию, сигнализации и блокировке. Произведен обоснованный выбор технических средств автоматизации. Результатом является система управления процессом производства блочного полистирола, обеспечивающая безопасное ведение технологического процесса и позволяющая получать конечный продукт заданного качества [4].

Список литературы

1. Кузнецов Е.В. Альбом технологических систем производства полимеров и пластических масс на их основе / Е.В. Кузнецов, И.П. Прохорова, Д.А. Файзуллина. – второе изд. – Москва: Химия, 1976. – 108 с.
2. Сайт «Инкомсистем». – URL: <https://incomsystem.ru>
3. Нургалиев Р.К. Лабораторный стенд «Информационно-измерительный комплекс на базе ПЛК АБАК» / Р.К. Нургалиев, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 10. – С. 210-212. – EDN IXJKXM.
4. Антонов А.С. Автоматизированная система управления сжатием газа / А.С. Антонов, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научный аспект. – 2019. – Т. 13, № 2. – С. 1580-1584.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ УГЛЕВОЛОКНИСТОГО КАТАЛИЗАТОРА С ПОМОЩЬЮ ШЛИФОВ НА ОСНОВЕ ФОТОПОЛИМЕРНОЙ МАСТИКИ

Д.В. Лещенко, Н.М. Максимов, В.А. Тыщенко, Л.Д. Лещенко,
А.Г. Федякин, Е.А. Головачева
Самарский государственный технический университет,
г. Самара

Аннотация. В работе описывается опыт изготовления шлифов углеволокнистого катализатора для микроскопического исследования. Шлифы изготавливались на основе фотополимерного материала, что позволило существенно сократить время подготовки образца для исследования по сравнению с образцами шлифов, изготавливаемых с помощью эпоксидной смолы. Микроскопический анализ подтвердил четкую визуализацию волокон катализатора. Также упростилась шлифовка образцов за счет твердости фотополимера и его лучшей податливостью абразивной обработке. Метод демонстрирует потенциал для ускоренного исследования носителей катализаторов в условиях ограниченного времени. В сравнении с традиционной методикой на основе эпоксидной смолы применение фотополимера сокращает время подготовки образца за счет быстрого УФ-отверждения с 24 часов до двух часов.

Ключевые слова: шлиф, фотополимер, эпоксидная смола, углеволокнистый катализатор, углеволокно, микроскопия.

Традиционное использование эпоксидной смолы для изготовления шлифов образцов для микроскопии подтверждено многолетним опытом [1]. Однако метод сопряжен с необходимостью точного дозирования двухкомпонентной системы (смола/отвердитель) и длительным периодом полимеризации, достигающим 24 часов. Эти факторы затрудняют оперативную подготовку образцов, что критично при разработке технологии изготовления углеволокнистых катализаторов, так как данные работы требуют выполнения экспресс-анализов микроструктуры слоев катализатора для изменения параметров в процессе изготовления [2]. Полученный углеволокнистый катализатор представлен на рисунке 1. Он состоит из углеволокна с нанесенными на него металлами [3, 4, 5].



Рис. 1. Углеволокнистый катализатор. Увеличение 40 крат

Предложенная альтернатива на основе фотополимерной мастики устраняет ключевые недостатки эпоксидного метода за счет отсутствия необходимости смешивания компонентов и быстрого УФ-отверждения, до 2 часов против 24 часов для эпоксидной смолы, что сокращает время подготовки шлифов в десять раз. На рисунке 2 показаны шлифы с разных этапов изготовления углеволокнистого катализатора.



Рис. 2. Экспресс-шлифы углеволокнистого катализатора.
Увеличение 10 и 40 крат

В ходе исследований применялась серийно-выпускаемая фотополимерная мастика Phosmat Putty 175 [6]. Образцы катализатора фиксировали в фотополимерной мастике, наносимой слоем 2-3 мм и далее сдавливали между предметными стеклами. Отверждение производилось с помощью солнечного света или прожектором Phosmat-400 мощностью 400 Вт и с длиной волны 365 нм. В обоих случаях отверждение проходило в течение пяти минут и после часовой выдержки приступали к ступенчатой шлифовке от P1000 до P2000 без охлаждения водой. Полученные экспресс-шлифы подвергались микроскопическому исследованию, по результатам которого оценивался ход работ по изготовлению углеволокнистого катализатора.

Применение фотополимерной мастики для изготовления шлифов углеволокнистого катализатора сокращает время подготовки образцов в 10 раз и позволяет принимать решения по оперативным корректировкам в процессе изготовления самого катализатора. Высокая твердость материала позволяет выполнять шлифовку без охлаждения водой. Метод демонстрирует потенциал для ускоренного исследования волокнистых и порошковых материалов в условиях ограниченного времени.

Стоит отметить, что выбор фотополимерной мастики Phosmat Putty 175 обусловлен ее доступностью и простотой применения. Однако, возможно, существуют и другие фотополимерные материалы, которые могут обеспечить еще лучшие результаты с точки зрения адгезии к волокнам катализатора, твердости и прозрачности. Дальнейшие исследования могут быть направлены на поиск и оптимизацию таких материалов.

В целом, метод может найти применение везде, где требуется оперативный анализ микроструктуры твердых материалов, особенно когда время подготовки образца является критическим фактором.

Благодарность

Авторы благодарят ООО «НПО «Фотополимер» в лице Генерального директора С.В. Чуприна за консультации и предоставленные материалы.

Список литературы

1. Пучков П.В. Методика и особенности подготовки микрошлифов для проведения микроструктурного анализа металлов и сплавов / П.В. Пучков // NovaInfo.Ru. – 2018. – Т. 1, № 90. – С. 58-65. – EDN YHNCGL.

2. Петрова Л.Г. Современные методы исследования структуры и свойств диффузионных слоев после химико-термической обработки / Л.Г. Петрова, В.А. Александров, С.И. Барабанов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2011. – № 54. – С. 60-72. – EDN OUWTGD.

3. Рахметулина Л.А. Влияние предварительной обработки поверхности углеродного волокна на скорость металлизации при химическом меднении с последующим электрохимическим осаждением на композитную основу / Л.А. Рахметулина, И.Ю. Гоц, С.М. Закирова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – №15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-predvaritelnoy-obrabotki-poverhnosti-uglerodnogo-volokna-na-skorost-metallizatsii-pri-himicheskom-mednenii-s-posleduyuschim> (дата обращения: 21.04.2025).

4. Лещенко Д.В. Включение процессов на железо-марганцевом и углеволокнистом железо-никелевом катализаторах в гибкую технологическую систему через присоединение к хордовой эстакаде / Д.В. Лещенко, Н.М. Максимов, В.А. Тыщенко [и др.] // Приоритетные направления развития науки и технологий: Сборник XXXIV Международной научно-практической конференции, Тула, 30 мая 2024 года. – Тула, 2024. – С. 121-126. – EDN CDT CZK.

5. Лещенко Д.В. Применение углеволокнистого катализатора для обезвреживания сосудов хранения одоранта природного газа / Д.В. Лещенко,

Н.М. Максимов, В.А. Тыщенко, Л.Д. Лещенко // Современные проблемы экологии: доклады XXXI всероссийской научно-практической конференции, Тула, 28 февраля 2024 года. – Тула: Инновационные технологии, 2024. – С. 28-31. – EDN DMQJSF.

6. Лещенко Д.В. Исследование возможности применения фотополимерного композита для защиты от межкристаллитного растрескивания шлемовой части ректификационных колонн / Д.В. Лещенко, Н.М. Максимов, В.А. Тыщенко [и др.] // Научный журнал Российского газового общества. – 2025. – № 1(47). – С. 46-54. – EDN MWRMRO.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИЭТИЛЕНА СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ

И.И. Бикбаев

**Казанский национальный технологический университет,
г. Казань**

***Аннотация.** В статье рассматриваются особенности автоматизации производства полиэтилена среднего давления (ПЭСД), включая описание технологического процесса, используемых технических средств и средств управления. Рассматриваются принципы функционирования ключевых элементов системы автоматизации, их роль в обеспечении безопасности и эффективности процесса. Подчеркивается важность применения современных ПЛК и ЧМИ в условиях химически опасного производства. Приведены примеры реализованных решений на базе продукции Siemens и отечественных датчиков.*

Результаты анализа показывают, что внедрение современных автоматизированных систем позволяет существенно повысить надежность технологического процесса, снизить эксплуатационные затраты и минимизировать влияние человеческого фактора. Применение резервирования и барьеров искрозащиты дополнительно повышает уровень промышленной безопасности. Статья может быть полезна специалистам в области автоматизации химических производств и проектирования АСУТП.

1. Введение

Производство полиэтилена среднего давления (ПЭСД) представляет собой сложный непрерывный процесс, требующий строгого соблюдения требований к температуре и давлению. Эффективная автоматизация всех стадий процесса необходима для получения продукта стабильного качества и обеспечения безопасности персонала.

Полимеризация этилена осуществляется в каскаде из трех полимеризаторов с постепенным увеличением концентрации полиэтилена. В ходе полимеризации необходимо поддерживать постоянную температуру и давление. Для контроля данных параметров применяются термопары и датчики давления. Особенностью производства является работа с взрывоопасной средой, что требует применения искробезопасных решений.

2. Средства автоматизации полевого уровня

Контроль температуры осуществляется с помощью термопар ТС-K-TYPE-

2М-100mm-M8 с диапазоном до 400 °С. Контроль давления – датчиками AMZ 5050, которые имеют высокую степень защиты IP67 и взрывозащиту. Для контроля уровня используются датчики ALZ 3821. Ультразвуковые расходомеры типа ГиперФлоу обеспечивают точный замер потоков бензина и этилена, а также имеют выход 4-20 мА. Датчики концентрации электропроводности IET40 позволяют контролировать степень насыщения раствора полиэтиленом.

Применение барьеров искрозащиты типа АБИЗ-160 обеспечивает соответствие требованиям ТР ТС 012/2011 и ГОСТ 30852. В качестве исполнительных механизмов применяются МЭО6,3/10-0,25-01 с арматурой 25с947п Ду40. Это позволяет регулировать потоки и параметры среды в зависимости от сигналов с контроллера.

3. Системы управления

Центральной частью системы является программируемый логический контроллер REGUL R500. Контроллер предназначен для построения распределенных систем управления и противоаварийной защиты. Он обладает высокой скоростью обработки, встроенными функциями ПИД-регулирования, поддерживает резервирование и различные промышленные протоколы связи (Modbus, IEC 60870-5-104, OPC и др.). Контроллер имеет повышенную надежность и подходит для применения в условиях опасного производства.

В качестве человеко-машинного интерфейса используется Альфа-платформа от компании Атомик Софт. Она предоставляет удобные инструменты для визуализации, архивирования данных и создания SCADA-проектов. Платформа поддерживает интеграцию с широким спектром оборудования, масштабируемость и возможность работы с облачными сервисами. Интерфейс пользователя может быть адаптирован под конкретные нужды оператора и технологов.

4. Выводы

Автоматизация производства ПЭСД обеспечивает точное поддержание технологических параметров, снижение затрат и повышение безопасности. Современные ПЛК и сенсорные устройства позволяют реализовать эффективное управление и диагностику, а применение отечественных компонентов обеспечивает экономическую целесообразность. Внедрение автоматизированных систем на таких объектах критически важно для устойчивой работы химического производства.

Список литературы

1. Валиуллина В.А. Разработка функциональных схем автоматизации технологических процессов / В.А. Валиуллина, В.А. Садофьев. – Казань: КНИТУ, 2013.
2. Иванова Г.В. Автоматизация технологических процессов основных химических производств: методическое пособие. Ч.1 / Г.В. Иванова. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2003.
3. ИТС 32-2017. Производство полимеров. – М.: Минпромторг РФ, 2017.
4. Plastinfo. Российская промышленность синтетического каучука. [Электронный ресурс] – URL: <https://plastinfo.ru/information/> (дата обращения: 12.05.2025).

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РОССИЙСКИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ

А.А. Шамсутдинов, А.А. Рыжова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** В статье представлена обзорная характеристика существующих российских промышленных логических контроллеров и их сравнительные характеристики, а именно аппаратные возможности, программное обеспечение, а также эффективность управления при использовании данных контроллеров. Данное сравнение представлено по основным потребительским качествам, которые являются основополагающими при автоматизации технологических процессов.*

Эволюция цифровой трансформации промышленных предприятий уже много лет существенно упростилась с использованием программируемых логических контроллеров, внедряемых в процесс автоматизации технологического процесса.

Российские контроллеры, разработаны для использования в автоматизированных системах различной сложности и назначения, включая обеспечение автономного управления. Отечественные компании, занимающиеся производством ПЛК, сосредоточены на создании решений для конкретных рыночных ниш, где они достигли значительных результатов. При выборе таких устройств важно учитывать совместимость изделий, выпускаемых разными российскими производителями, чтобы избежать трудностей при реализации проектов.

Среди производителей встречаются компании, разрабатывающие контроллеры для работы в экстремальных условиях, для систем телемеханики, а также для промышленных объектов с нормальными и взрывоопасными условиями эксплуатации. Некоторые бренды выпускают устройства на базе собственных систем реального времени, что обеспечивает надежную работу при подключении через медленные или нестабильные каналы связи.

Кроме перечисленных участников рынка, в России работают и другие разработчики, способные составить конкуренцию ушедшим зарубежным брендам. На рынке остаются также азиатские компании, которые предлагают локализованные решения с учетом потребностей российских пользователей. [1]

При этом мощности контроллеров классифицируются на пять категорий: от наноконтроллеров с минимальным количеством входов/выходов до больших устройств, предназначенных для сложных и масштабных систем.

Ниже представлен обзор некоторых российских промышленных логических контроллеров.

АБАК ПЛК представляет собой специализированное устройство, которое используется для автоматизации различных технологических процессов на производственных линиях. Это оборудование включает в себя комплекс модулей и блоков, соединенных через шину связи, что позволяет обеспечивать эффективное управление и контроль.[2]

Программирование контроллеров осуществляется в цифровом формате, что дает возможность адаптировать их под специфические требования каждого технологического процесса. В условиях постоянного повышения требований к современным системам автоматизации использование ПЛК становится ключевым компонентом промышленного производства.[5]

Основной режим работы устройства предполагает длительную автономную эксплуатацию, включая сложные условия, без необходимости регулярного технического обслуживания и вмешательства специалистов. Это оборудование широко используется для управления последовательными процессами, обеспечивая контроль состояния объектов и передачу управляющих сигналов для выполнения необходимых действий.

Основными преимуществами данного оборудования являются надежность, модульность, гибкость в использовании, возможность подключения до 100 модулей ввода-вывода с высокой скоростью опроса, а также поддержка стандартизированных протоколов. Это делает его подходящим для применения в промышленной автоматизации на предприятиях разного масштаба.

Программируемые логические контроллеры востребованы не только для управления процессами, но и для преобразования, регистрации и обработки данных, поступающих от различных датчиков. Они обеспечивают формирование аварийных и управляющих сигналов, что позволяет эффективно контролировать и управлять сложными системами.

Elicont-100 и Elicont-200 представляют собой семейство российских программируемых логических контроллеров, которые используются для построения локальных и распределённых систем управления с высокой степенью надёжности. Эти устройства обеспечивают эффективное управление технологическими процессами, включая паровые и газовые турбины, турбокомпрессоры и другие сложные механизмы.[3]

Контроллеры отличаются высоким быстродействием, что позволяет использовать их для управления высокотехнологичным оборудованием. В конструкции предусмотрено полное резервирование всех критически важных компонентов, включая процессорные модули, модули ввода-вывода, интерфейсы связи и источники электропитания. Это гарантирует их стабильную работу даже в случае возникновения сбоев. Устойчивость к вибрациям и электромагнитным помехам достигается за счёт модульного исполнения в формате «Евромеханика». Все электронные элементы поддерживают возможность замены без остановки работы оборудования.

Область применения Elicont-100 и Elicont-200 охватывает широкий спектр систем автоматизации, включая управление турбоагрегатами, гидроагрегатами, промышленными и энергетическими котлами. Они также используются в других системах, где предъявляются повышенные требования к быстродействию, производительности и непрерывности эксплуатации. Контроллеры выполняют функции обработки аналоговых сигналов, реализации локального и каскадного регулирования, дискретного и аналогового управления, а также логического пошагового контроля. Встроенные механизмы противоаварийной защиты обеспечивают безопасность оборудования и процессов.

Технические характеристики включают высокую производительность, большой объем обрабатываемых данных и широкий выбор подключаемых модулей и датчиков, что делает контроллер универсальным решением для сложных систем автоматизации.

Список литературы

1. Чупаев А.В. Обзор МЭК-комплексов программирования / А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXXII международной научно-практической конференции, Тула, 15 марта 2023 года / Под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2023. – С. 181-185. – EDN WZDRYY.

2. ПЛК АБАК ПЛК. – URL: <https://incomsystem.ru/abak-controllers/> (дата обращения: 11.03.2025).

3. ПЛК Elicont – 100/200: <https://ptk-sura.ru/products/controllers/controller-elicont-100-200/> (дата обращения: 11.03.2025).

4. Нургалиев Р.К. Лабораторный стенд «Информационно-измерительный комплекс на базе ПЛК АБАК» / Р.К. Нургалиев, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 10. – С. 210-212. – EDN IXJKXM.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА НАПИТКОВ

Л.Р. Латыпов

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. В статье представлен обзор на автоматизацию технологического процесса производства напитков. Данный процесс был рассмотрен с позиции задач управления, определены параметры, подлежащие контролю, регулированию, сигнализации и защите.

Автоматизация процесса производства напитков – это процесс внедрения современных технологий и систем управления для повышения эффективности, качества и безопасности производства различных напитков, включая безалкогольные и алкогольные. В последние годы автоматизация стала неотъемлемой частью индустрии, позволяя компаниям оптимизировать свои процессы и снизить затраты.

Пиво является одним из самых популярных освежающих напитков как в России, так и в мире. Его производство представляет собой сложный биотехнологический процесс, который требует наличия развитой технической и научной инфраструктуры. Дополнительные сложности возникают из-за необходимости соблюдения строгих экологических и санитарно-гигиенических норм, установленных государством.

Этапы технологического процесса приготовления пива можно разделить на следующие этапы:

1. соложение
2. варка
3. брожение
4. осветление
5. созревание
6. фильтрация
7. осветление

Комплексы оборудования для производства пива представляют собой интегрированные системы, которые обеспечивают автоматизацию всех стадий технологического процесса. Они включают в себя различные устройства и машины, каждая из которых выполняет свою уникальную функцию. Рассмотрим основные компоненты таких комплексов:

1) Системы для соложения. Эти установки включают в себя автоматизированные системы замачивания и проращивания ячменя. Они оснащены датчиками для контроля температуры и влажности, что позволяет обеспечить оптимальные условия для активации ферментов. Современные системы могут также включать механизмы для автоматической загрузки и выгрузки ячменя.

2) Варочные котлы. Варочные котлы с автоматизированными системами управления позволяют точно регулировать температуру и время кипения. Они могут быть оснащены системами для автоматического добавления хмеля и других ингредиентов, что обеспечивает стабильность и повторяемость процесса.

3) Ферментеры. Эти устройства предназначены для брожения и могут быть оснащены системами контроля температуры, давления и уровня кислорода. Современные ферментеры часто имеют возможность автоматического управления подачей дрожжей и других добавок, что позволяет оптимизировать процесс брожения.

4) Системы осветления и фильтрации. Автоматизированные фильтрационные установки обеспечивают высокую степень очистки пива от взвешенных частиц. Они могут включать в себя различные типы фильтров, такие как мембранные и картриджные, что позволяет достичь необходимой прозрачности и качества напитка.

5) Системы для созревания. Установки для созревания пива обеспечивают контроль температуры и времени, что критически важно для достижения желаемых органолептических свойств. Эти системы могут быть интегрированы с датчиками, которые отслеживают состояние пива в реальном времени.

6) Упаковочные линии. Автоматизированные упаковочные линии позволяют эффективно разливать, укупоривать и маркировать готовое пиво. Они могут включать в себя системы для контроля качества упаковки и автоматической проверки на наличие дефектов.

7) Системы управления и мониторинга. Центральные системы управления обеспечивают интеграцию всех компонентов оборудования

Основные параметры, которые подлежат контролю, регулированию и сигнализации, являются: температура, давление, расход и уровень.

Таким образом, автоматизированная система управления процессом

обеспечит более надежное и качественное управление технологическим процессом производства напитков, а также использование общего контроля за технологическим процессом, минимизирует возможность нанесения обслуживающему персоналу каких-либо травм и увеличит экологичность и надежность процесса производства напитков.

Список литературы

1. Гильфанов К.Х. Проектирование автоматизированных систем: учеб. пособие / К.Х. Гильфанов, В.А. Арапов. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2006.
2. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справочное пособие / А.С. Клюев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Клюев; под ред. А.С. Клюева. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Выбор средств автоматизации: [Электронный ресурс] URL: <https://lektsii.org/16-66885.html>.
4. Кузьмин В.В. Обзор регулятора температуры OMRON E5CN / В.В. Кузьмин, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 3. – С. 156-159.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВОДОГРЕЙНОЙ КОТЕЛЬНОЙ

А.Ю. Алтынбаев

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** В статье представлен процесс разработки автоматизированной системы управления водогрейной котельной. Рассмотрены ключевые задачи управления, определены технологические параметры, которые необходимо контролировать, регулировать, защищать и отслеживать. Также проведён выбор комплекса технических средств для автоматизации данного процесса.*

Водогрейная котельная представляет собой комплекс технических средств, включая котельное оборудование, теплообменники, насосы и системы управления. В её конструкции используются два контура – сетевой и котловой – для гидравлической развязки, что позволяет обеспечить более эффективное и безопасное функционирование системы. Процесс теплопередачи между контурами происходит при помощи четырёх теплообменных аппаратов, которые обеспечивают оптимальный обмен теплом и поддерживают необходимые параметры работы системы. Автоматизация процессов управления котлами позволяет повысить эффективность работы котельной и обеспечить более точное поддержание заданных параметров температуры и давления [1,4].

Ситуационная мощность котельной зависит от времени года и погодных условий, что требует гибкой настройки работы оборудования для обеспечения необходимого уровня теплоснабжения. Вода, используемая в качестве теплоносителя, подвергается специальной подготовке, чтобы предотвратить

коррозию и образование отложений в системе, что важно для поддержания эффективности и долговечности работы оборудования.

Технологический процесс получения тепловой энергии водогрейной котельной состоит из следующих стадий: химводоочиска, химводоподготовка, передача теплоты теплоносителю в котлах греющего контура, передача теплоты в теплообменниках сетевого контура теплоносителю, поставка тепловой энергии требуемых параметров потребителю. Разработанная схема АСУТП производства тепловой энергии водогрейной котельной представлена на рисунке.

Основными параметрами, подлежащими контролю, регулированию и сигнализации, являются: давление, расход, уровень и температура. В качестве датчиков температуры выбран – ДТС015М-РТ100-0,5-73-Н. Для получения информации о значениях давления – ПД100И-ДИ2.5-111-0,5. В качестве измерения уровня выступает – ВЗЛЕТ РУ Ех. Для непрерывного регулирования технологических параметров предлагается использовать регулирующие и отсечные клапаны. Для управления насосами используются частотные преобразователи и устройства плавного пуска.

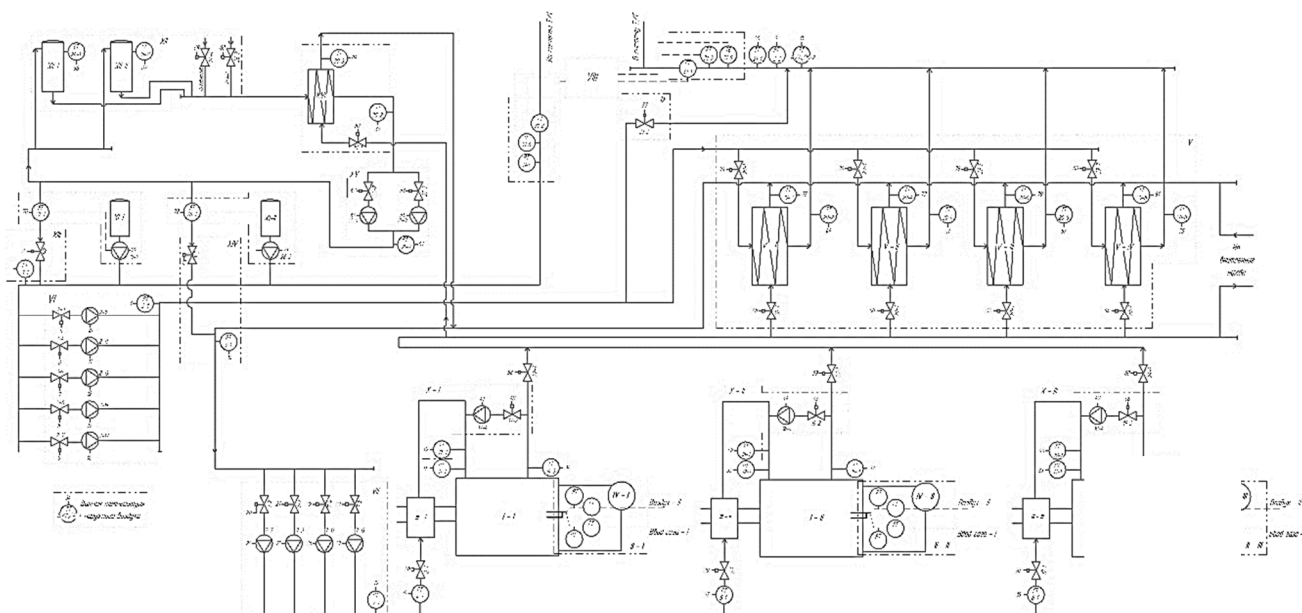


Схема АСУ водогрейной котельной

Для сбора и обработки информации с последующей выдачей управляющих сигналов на основе программного алгоритма было решено использовать контроллерное оборудование. После анализа технических и эксплуатационных характеристик контроллеров разных производителей выбор был сделан в пользу контроллера АБАК ПЛК КЗ, производимого компанией «Инкомсистем» [2,3]. Система управления оснащена оборудованием, которое гарантирует её надёжную и бесперебойную работу.

Разработанная автоматизированная система управления позволит повысить эффективности работы котельной установки, оптимизировать расход топлива и ресурсов, а также обеспечит более точное поддержание параметров теплоносителя.

Список литературы

1. Справочник по проектированию котельных установок систем центрального теплоснабжения. Либерман Н.Б. Нянковская М.Т. 1979.;
2. Сайт «Инкомсистем». – URL: <https://incomsystem.ru>
3. Лабораторный стенд «Информационно-измерительный комплекс на базе ПЛК АБАК» / Р.К. Нургалиев, А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 10. – С. 210-212. – EDN IXJKXM.
4. Галямов Р.Р. Модернизация системы управления пикового теплофикационного водогрейного котла / Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научный аспект. – 2020. – Т. 6, № 3. – С. 827-832.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ РАФИНАЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

Б.А. Шагеев

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** В данной статье рассматривается разработка автоматизированной системы рафинации растительного масла. Данный процесс был рассмотрен с точки зрения автоматизации, были определены точки отбора импульсов, технологические параметры, подлежащие контролю и регулированию, защите и сигнализации.*

В промышленных масштабах для рафинации растительного масла применяются физико-химические методы многоступенчатой очистки масел от примесей. Данные методы направлены на обеспечение удаления нежелательных компонентов из состава масла, например, отбеливание рассматривается как частичное или полное удаление цвета. [1]

Технологический процесс получения рафинированного масла состоит из следующих этапов. Гидратация, в данном этапе производится процесс удаления фосфолипидов, с помощью воды. Фосфолипиды набухают и выпадают в осадок. Нейтрализация производится для обработки масла щелочью NaOH, для удаления жирных кислот. Процесс отбеливания обеспечивает удаление цвета с помощью отбелочной глины, для придания товарного вида конечному продукту. Процесс кристаллизации производится при низких для кристаллизации нежелательных восков. На этапах отбеливания и кристаллизации масло проходит через вертикальные сетчатые фильтры. Последним этапом рафинации масла является дезодорация. В данном этапе производится очистка масла от летучих веществ и снижение кислотности масла при помощи вакуумного дезодоратора. [2]

Разработанная схема АСУ ТП рафинации растительного масла приведена на рисунке.

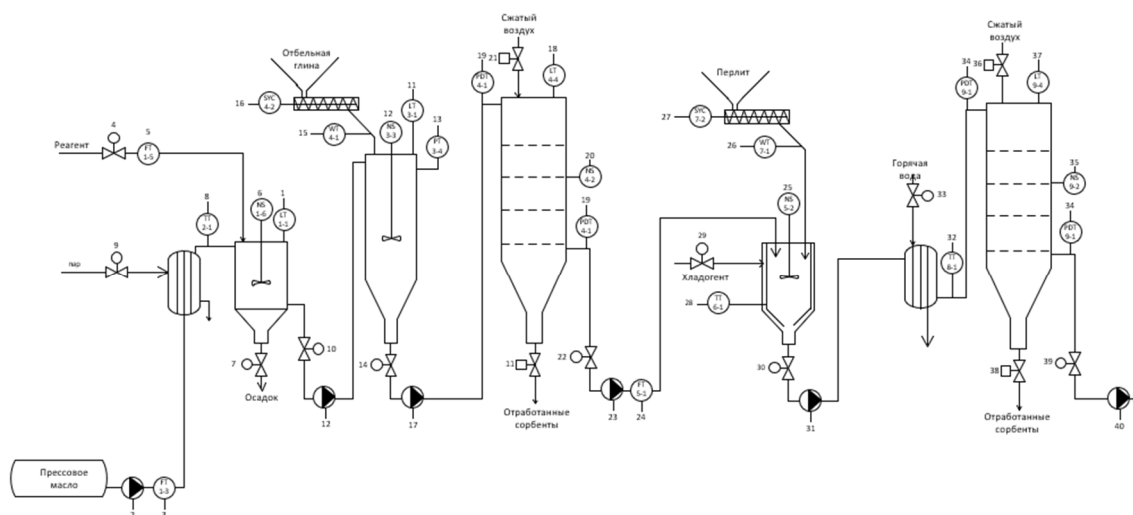


Схема АСУ ТП рафинации растительного масла

К числу ключевых контролируемых параметров относятся: расход жидкости, уровень заполнения и температурный режим. Эти показатели требуют непрерывного мониторинга, автоматического регулирования и оснащения системами аварийного оповещения. Для поддержания оптимального температурного режима в соответствии с технологическими регламентами был выбран датчик температуры сопротивления Rosemount 248. Для обеспечения оптимального уровня заполнения резервуаров и аппаратов был использован волноводный радарный уровнемер Метран-730. Для поддержания оптимального расхода сырья и реагентов в производственных циклах необходимо контролировать расход, для этих целей был подобран вихревой расходомер ЭМИС-ВИХРЬ 200. Для регулирования подаваемого исходного сырья и необходимых веществ для рафинации использованы регулирующие устройства. [3]

Для внедрения автоматического управления, мониторинга и регулирования технологических процессов в производстве рафинированного растительного масла необходимо произвести выбор программируемого логического контроллера. Для решения этой задачи был произведен сравнительный анализ технических характеристик контроллерного оборудования отечественных производителей, был выбран программируемый логический контроллер Regul 500 от завода изготовителя «Прософт-системы».

Внедрение автоматизированной системы управления, позволит улучшить работу и повысить производительность предприятия. Обеспечит контроль за правильностью работы технологического процесса, корректировать значения на основании полученных данных, а также, предотвратить аварийные ситуации на производстве. [4]

Таким образом, внедренная автоматизированная система приводит к значительному расширению функциональных возможностей, повышению качества производимой продукции, уровня надёжности технологического оборудования и средств автоматизации, снижению трудозатрат на техническое обслуживание и ремонт.

Список литературы

1. Ермакова А.И. Современные технологии рафинации растительных масел / А.И. Ермакова, А.Г. Лаптева // журнал «Пищевая промышленность». – 2020. – №5. – С. 34-39.
2. Бурункова Ю.Э. Растительные масла: свойства, технологии получения и хранения, окислительная стабильность: учебно-методическое пособие / Ю.Э. Бурункова, М.В. Успенская, Е.О. Самуйлова. – СПб: Университет ИТМО, 2020. – 82 с.
3. Шишов О.В. Современные средства АСУ ТП / О.В. Шишов. – Инфра-Инженерия, 2021. – 532 с.
4. Программируемый логический контроллер REGUL R500 // Прософт-системы URL: <https://prosoftsystems.ru/>

АСУТП ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИВИНИЛБУТИРАЛЯ НЕПРЕРЫВНЫМ МЕТОДОМ

Т.И. Кабиров

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** В рамках данной статьи рассмотрена разработка автоматизированной системы управления процессом производства поливинилбутирала непрерывным методом. Рассмотрена технология производства, определены параметры, которые важно контролировать, а также приведен оптимальный выбор контроллерного оборудования.*

Поливинилбутираль (ПВБ) получают путем конденсации поливинилового спирта с масляным альдегидом в присутствии соляной кислоты [1]. Технологический процесс производства поливинилбутирала состоит из следующих стадий: растворение, ацеталирование поливинилового спирта, отжим, промывка, стабилизация и сушка поливинилбутирала (в промышленности ПВС обычно растворяют в воде сразу после омыления поливинилацетата и отгонки метанола). Одной из важнейших задач автоматизации данного процесса является обеспечение пожаро- и взрывобезопасности полимеризаторов, ввиду высокой пожароопасности винилхлорида при контакте с воздухом.

На рисунке представлена схема процесса производства поливинилбутирала непрерывным методом.

Как и в случае с любым другим технологическим процессом, для повышения эффективности и безопасности производства нужно точно определить параметры, подлежащие контролю, регулированию, сигнализации и защите. Такими параметрами являются давление и температура, как факторы правильного протекания технологического процесса, а также влажность готового поливинилбутирала. Для своевременного контроля за данными параметрами в системе используется большое количество датчиков, таких как термопреобразователи сопротивления, тензорезистивные датчики давления и многие другие.

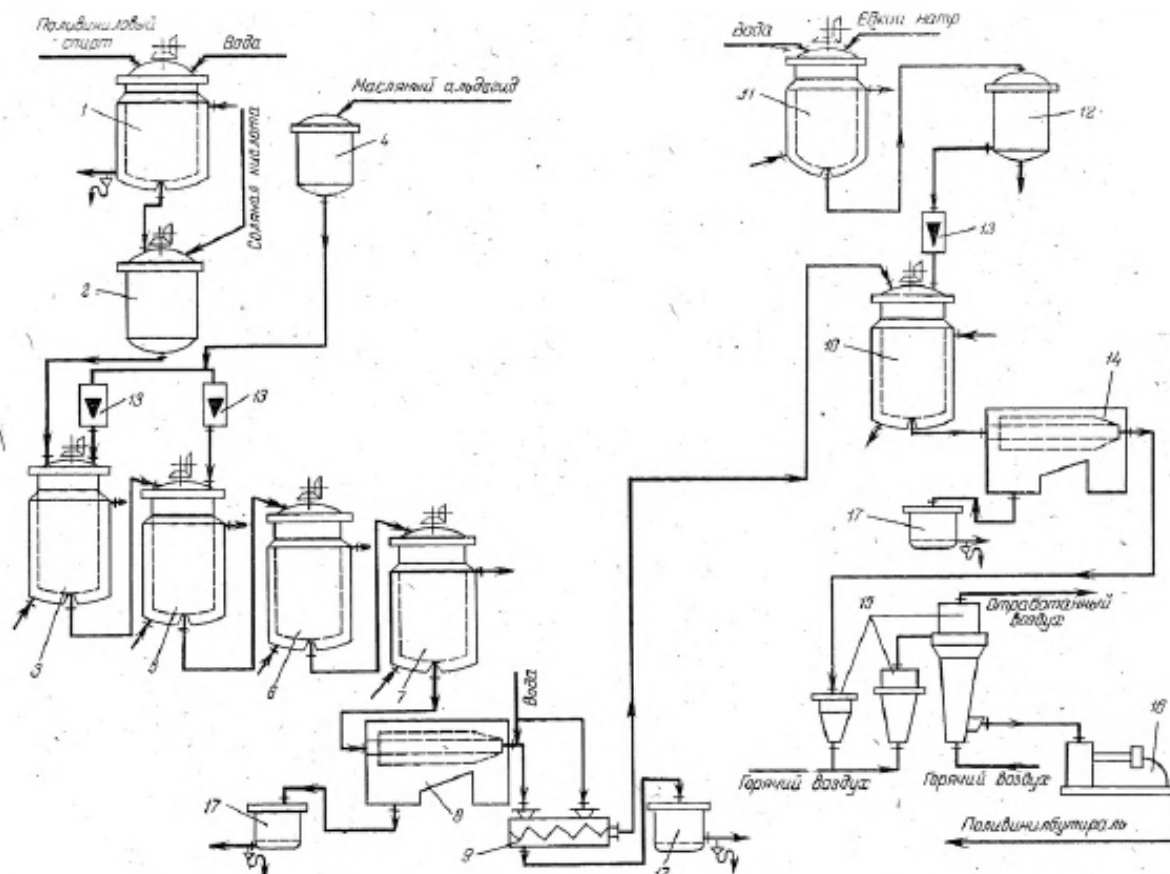


Схема процесса производства поливинилбутираля

В качестве промышленного контроллера для управления данным технологическим процессом выбран АБАК ПЛК КЗ от компании АО НИЦ «Инкомсистем». Контроллер обладает следующими преимуществами:

- Большая номенклатура модулей ввода/вывода, а также совместимость между модулями разных моделей АБАК ПЛК;
- Поддержка большинства актуальных протоколов обмена данными, включая Profibus и Profinet;
- Низкое энергопотребление;
- Наличие модулей ввода/вывода со встроенной поддержкой HART;
- Наличие функциональных (пожарных) модулей, а также модулей со встроенным контролем цепи;
- Наличие сертификатов и разрешений в качестве контроллерного оборудования системы автоматического пожаротушения (САП);
- Возможность установки до 100 модулей ввода/вывода, в т.ч. в разных корзинах (крейтах);
- «Горячая» замена как модулей ввода/вывода, так и модулей ЦПУ;
- Поддержка программной среды Codesys 3.5 с возможностью программирования на 5 языках стандарта МЭК 61131-3[2,3].

Использование данного контроллера позволяет значительно повысить надежность протекания технологического процесса, а также повысить его безопасность и эффективность.

Таким образом, рассмотренный автоматизированный процесс производства поливинилбутираля непрерывным методом представляет собой современную и технологичную систему, обеспечивающую высокий уровень безопасности и высокое качество выходного продукта.

Список литературы

1. Кузнецов Е.В. Альбом технологических систем производства полимеров и пластических масс на их основе / Е.В. Кузнецов, И.П. Прохорова, Д.А. Файзуллина. – второе изд. – Москва: Химия, 1976.
2. <https://incomsystem.ru/>.
3. Чупаев А. В. Обзор МЭК-комплексов программирования / А.В. Чупаев, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXXII международной научно-практической конференции, Тула, 15 марта 2023 года / Под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Изд-во «Инновационные технологии», 2023. – С. 181-185. – EDN WZDRYY.

ПРОМЕРЗАНИЕ ГРУНТА В НАСЫПИ И ПОД КАНАВАМИ

В.И. Коннов, В.Ф. Юдина

Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»,
г. Чита

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются вопросы формирования процессов промерзания насыпей и дна выемок в Забайкалье. При проектировании линейных сооружений можно использовать приведенные ниже формулы для оценки их устойчивости. Полученная формула для определения глубины промерзания грунта земляного полотна может также использоваться применительно к другим регионам России. В этом случае изменятся лишь параметры залегания грунтовых вод, водоносных горизонтов, водоупорного основания и температуры воздуха и почвы.

Очень важно знать, как происходят процессы промерзания насыпей для обеспечения их прочностных характеристик в теплые и холодные периоды года [1-4]. Зная закон распределения температур в мерзлой зоне t_M , находим величину теплового потока, находим, поступающего к границе промерзания ($q = \lambda_M \frac{dt_M}{dr}$, где $r = a$ – поверхность поддерживается при температуре замерзания равной 0°C $t_3 = 0$, а на поверхности $r = b$ происходит теплообмен с воздухом или другой средой, имеющей температуру $t_{\text{в03}}$), а затем записываем уравнение баланса тепла на границе промерзания:

$$\frac{\lambda_M \mu b (t_r - t_{\text{в03}})}{a \left[1 - \mu b \ln\left(\frac{a}{b}\right) \right]} = -(Q_0 + 0,5 c_M t_{\text{в03}}) \frac{da}{dt}. \quad (1)$$

где λ_M – коэффициент теплопроводности грунта земляного полотна в мерзлом состоянии, ккал/м·ч·град; μ – коэффициент, равный $\mu = 1/S$ (S – толщина

эквивалентного слоя, характеризующего условия теплоизоляции поверхности земляного полотна); t_r – начальная температура грунта промерзающего массива, °С; $t_{\text{воз}}$ – температура воздуха, °С; $Q_0 = 80\gamma_{\text{ск}}i\frac{w}{100}$; $\gamma_{\text{ск}}$ – объемный вес скелета грунта, кг/м³; i – льдистость, принимаемая: для песков $i = 1$; для суглинка легкого $i = 0,9$; для суглинка тяжелого $i = 0,8$; для глины $i = 0,7$, c_M – объемная теплоемкость грунта земляного полотна в мерзлом состоянии, ккал/м³ · град;

Решая уравнение (1), получаем формулу для определения глубины промерзания грунта земляного полотна:

$$h_{\text{пр}} = b - a, \quad (2)$$

где величина b связана с параметрами поперечного профиля земляного полотна и определяется по формуле:

$$b = \frac{B^2 + 4H^2}{8H}, \quad (3)$$

где B – ширина насыпи, м; H – высота насыпи, м;

Величина a определяется из уравнения:

$$\frac{4\lambda_M r(t_r - t_{\text{воз}})}{Q_0 + 0,5c_M t_{\text{воз}}} = 2a^2 \ln\left(\frac{a}{b}\right) - a^2 - \frac{2a^2}{\mu b} + (2 + \mu b)\frac{b}{\mu}. \quad (4)$$

Аналогично можно получить решение для схемы промерзания грунта под канавами (см. рис.) при граничных условиях 1-го рода (задана температура поверхности дна канавы t).

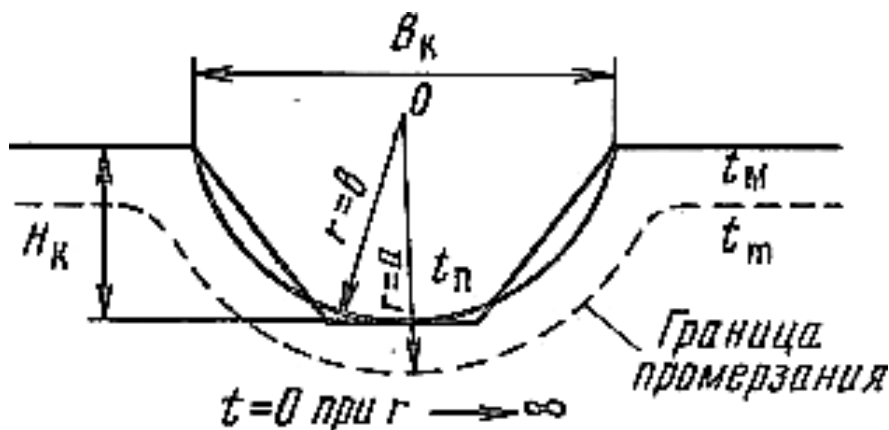


Рис. Расчетная схема промерзания грунта под канавами:

H_k – глубина канавы; B_k – ширина канавы поверху; t_M, t_r – температура мерзлого и талого грунта соответственно; a и b – расстояние, до нижней границы мерзлоты и дна канавы соответственно

Список литературы

1. Алексеев В.Р. Основные итоги изучения наледей на территории Сибири и Дальнего Востока / В.Р. Алексеев, Н.Ф. Савко, А.И. Сизиков // Зап. Забайкальского филиала Геогр. Об-ва СССР. – Чита, вып. 92, 1973. – С. 3-19.

2. Дашинимаев З.Б. Устройство дренажных сооружений в районах вечной мерзлоты / З.Б. Дашинимаев, Н.П. Сигачев, К.А. Кирпичников // Образование, наука, производство: сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции / Отв. ред. Д.А. Яковлев. – Чита: Изд-во ЗаБИЖТ, 2018. – С. 96-101.

3. Данильченко С.Л. Развитие российской социально-экономической системы: вызовы и перспективы: монография / С.Л. Данильченко, А.Н. Фомичев, В.Н. Круглов [и др.]; гл. ред. Э.В. Фомин; Чувашский государственный институт культуры и искусств. – Чебоксары: Среда, 2024. – С. 188-197.

4. Ельчанинов Е.А. Мероприятия по снижению пучения и осадки грунтов оснований горных и природоохранных сооружений в Забайкалье / Е.А. Ельчанинов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2014. – № 4. – С. 86-91.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МАСЛОСНАБЖЕНИЯ ТУРБИНЫ

И.А. Лаптев

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка системы автоматизации маслоснабжения турбины. Данный процесс был рассмотрен с позиции задач управления, были определены технологические параметры, подлежащие контролю, регулированию, защите и сигнализации. Осуществлен выбор комплекса технических средств для автоматизации данного технологического процесса.

Система смазки турбоагрегата должна быть централизованной, общей для турбины и генератора, должна обеспечивать надежную подачу масла к подшипникам в нормальных и переменных режимах эксплуатации, а также при их нарушении и аварийных ситуациях. Для обеспечения высокой надежности применяют дублирование и резервирование элементов, а также используют несколько независимых контуров. Система должна обеспечить возможность длительного использования масла (8-10 лет). Высокая стоимость масла, в больших количествах используемого на электростанциях, не позволяет производить его частую смену [1].

Маслосистема должна состоять из маслобака, маслоохладителей, система насосов для прокачки масла, фильтров, воздухоотделителя, маслопроводов с запорно-регулирующей арматурой, встроенных контрольно-измерительных приборов. Разработанная схема автоматизации маслоснабжения турбины представлена на рисунке 1.

Основными параметрами, подлежащими контролю, регулированию и сигнализации, являются: давление, температура и уровень. В качестве датчика температуры выбран – ДТС045М-РТ100. Для получения информации о значения давления – РД55-ДД0 и ПД100-ДИ. В качестве измерения уровня выступает –

УПП-11. Для непрерывного регулирования технологических параметров предлагается использовать регулирующие клапана.

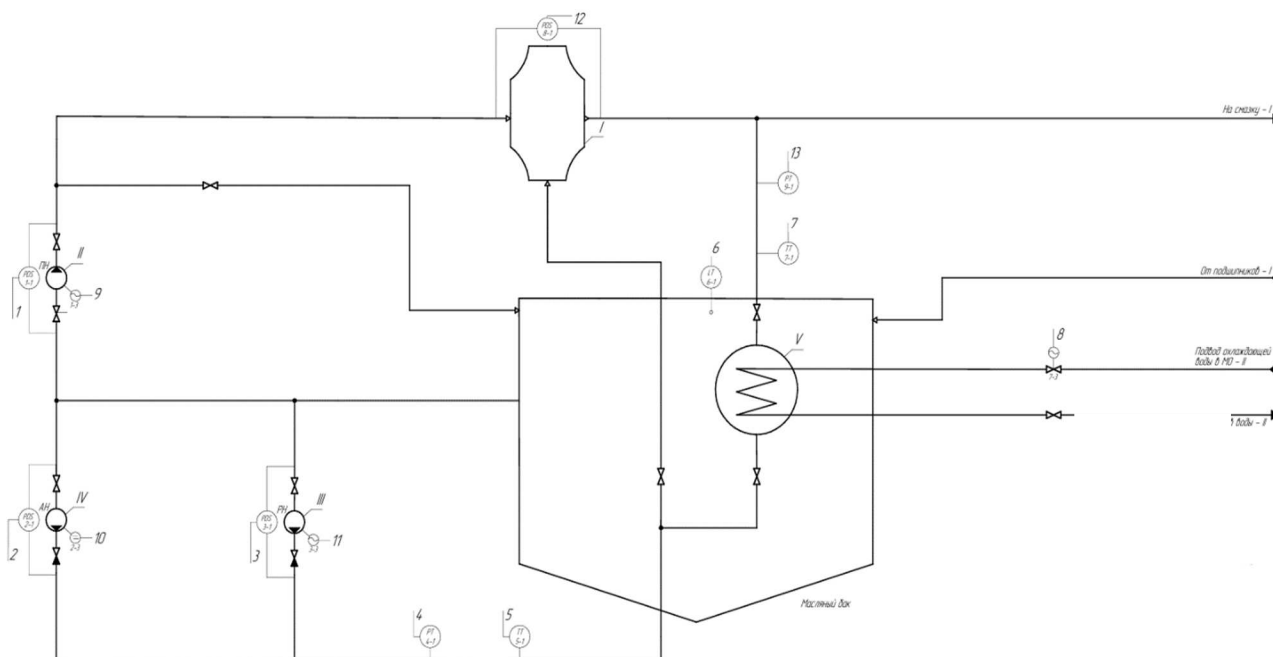


Рис. 1. Схема автоматизации маслоснабжения турбины

Для реализации функции сбора и обработки информации с последующей выдачей управляющих воздействий, согласно программному алгоритму, было выбрано контроллерное оборудование для системы управления. Был произведен сравнительный анализ основных технических и эксплуатационных характеристик контроллеров различных производителей, в результате которого в качестве контроллера системы управления был выбран контроллер АБАК ПЛК К2 от производителя «Инкомсистем» [2].

Оборудование системы управления обеспечивают надежность и высокую эксплуатационную готовность.

Внедрение разработанной системы позволит повысить эффективность и надежность работы системы, сократить затраты на обслуживание и ремонт, а также обеспечить более стабильную работу всей турбинной установки [3].

Список литературы

1. Аронсон К.Э. Маслоохладители в системах маслоснабжения турбоустановок: учебное пособие / К.Э. Аронсон, А.Ю. Рябчиков, Н.В. Желонкин, И.Б. Мурманский. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 192 с.
2. Сайт «Инкомсистем». – URL: <https://incomsystem.ru>.
3. Бродов Ю.М. Маслоохладители в системах маслоснабжения паровых турбин: учебное пособие для вузов / Ю.М. Бродов, К.Э. Аронсон, А.Ю. Рябчиков; под ред. Ю.М. Бродова. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1996. – 103 с.

ОБЗОР И АНАЛИЗ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭТАЛОННОЙ УСТАНОВКИ ПО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЮ И ИЗМЕРЕНИЮ МАССОВОГО РАСХОДА КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

А.И. Валиахметов, Г.Р. Ганиева

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

***Аннотация.** В данной работе проведен анализ и обзор средств измерений (далее СИ), предназначенных для определения массового и объемного расхода криогенных жидкостей. Исследования выполнены в результате анализа отечественной автоматизированной криогенной установки с целью отбора зарубежных СИ, прошедших метрологические испытания на криогенных установках национального института стандартов и технологий (NIST) Соединенных штатов Америки и физико-технического федерального института (PTB) Федеративной Республики Германия. Особое внимание уделено анализу СИ, имеющих подтвержденные характеристики точности в условиях криогенных температур и внесённых в реестры средств измерений указанных институтов. Проведённый обзор позволяет систематизировать требования к метрологическим характеристикам измерительного оборудования для криогенных сред и определить оптимальные решения для внедрения в отечественные установки.*

Актуальность статьи обусловлена тем что на сегодняшний день современная отечественная метрология нуждается в автоматизированной эталонной криогенной установке для определения метрологических характеристик и достоверности показаний СИ участвующих для учета низкотемпературных жидкостей, так как идет активное производство, потребление и импорт на внешние рынки сжиженного природного газа (далее – СПГ), учет СПГ ведется как прямыми динамическими измерениями, так и прямыми статическими методами однако для этих методов нет технической базы способной с высокой метрологической точностью проводить исследования и поверку СИ выпускаемых отечественными производителями и зарубежными. В системе Росстандарта отсутствует Государственный первичный эталон для воспроизведения и передачи единицы расхода криогенной жидкости, выпускаемые и поставляемые из за рубежа средства измерения предназначенные для учета низкотемпературных продуктов получают единицу измерения в рамках утверждения СИ в государственной системе обеспечения единства измерений от эталонных установок воспроизводящих массовый или объемный расход с использованием в качестве рабочей среды воду или нефтепродукты которые в свою очередь не являются низкотемпературными жидкостями, указываемые погрешности в описаний типа для данных средств измерения являются весьма заниженными, что говорит о не достоверными введу отсутствия протоколов испытаний и верификации в рамках утверждения типа СИ с использование рабочей среды обладающей криогенными свойствами [2],[3].

В работе проведен обзор и анализ СИ для создания отечественной установки по воспроизведению и измерению единицы массового расхода криогенных жидкостей. Автор данной работы для подбора СИ для создания

криогенной установки обратился к открытым исследованиям проведенных в зарубежных национальных институтах метрологий таких как Физико-технический федеральный институт (PTB) находящейся Федеративной Республики Германия и национальном институте стандартов и технологий (NIST) Соединенных штатов Америки на базе которых имеются криогенные установки для воспроизведения и передачи единицы расхода криогенных жидкостей с целью поиска фирмы которая на сегодняшний день выпускает СИ прошедшие процедуру валидации и верификации на эталонных установка выше указанных зарубежных национальных институтов для последующего приобретения у них СИ для его исследования и использования в рамках создания отечественной криогенной установки[1],[3].

В статье рассмотрены расходомеры физический принцип работы, которых основан на ультразвуковых и кориолисовых методах измерения расхода криогенных жидкостей и их погрешности при измерении расхода криогенных жидкостей. Для обзора обратимся к информации с европейского семинаре по измерению расхода сжиженного природного газа ING EFMWS, который проводился в апреле 2017г., организатор VSL International Ltd.

При измерении расхода криогенных жидкостей на работу ультразвуковых расходомеров можно выделить несколько наиболее значимых факторов влияния [3],[4].

Первый влияющий фактор связан с тем, что измерительные зонды, находящиеся в непосредственном контакте с криогенной жидкостью, подвергаются действию большого перепада температур окружающей среды до криогенных температур) [4].

Второй фактор связан с наличием газовой фазы в жидкости.

Третий фактор – это поведение акустических пьезоэлементов в криогенных условиях. Если пьезоэлементы работают не стабильно, то это оказывает влияние на погрешность измерения расхода. При погружении акустического пьезоэлемента в жидкий азот снижается электрический импеданс и уменьшается пропускная способность акустического сигнала.

Четвертый фактор – это конструктивные особенности изготовления акустического сенсора, связанные с изменением физико-химических свойств материалов при низкой температуре. Каждая фирма изготовитель решает проблемы, связанные с изменением свойств материалов, по-своему, и, зачастую, это является объектом «ноу-хау» изготовителя [4].

Фирма KROHNE для измерений криогенных жидкостей изготавливает ультразвуковой расходомер в техническом описании модели AL TOSONIC 5 компания указывает, что прибор проходил валидацию на криогенных стендах NIST (США) и PTB (Германия), особо отмечается возможность работы с жидким азотом (-196°C) и жидким кислородом (-183°C). Градуировка проводилась на специальном криогенном стенде с расходом до $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ и давлениями до 40 бар [4].

Результаты испытаний показали следующие данные:

При перекалибровке с воды на жидкий азот наблюдалось систематическое

отклонение $\pm 0.7\%$ в диапазоне Re (безразмерное число Рейнольдса) 50,000-500,000

Наилучшая точность (0.35 %) достигалась при $Re > 100,000$

Зависимость погрешности от числа Рейнольдса имела нелинейный характер с максимумом в переходной зоне ($2,300 < Re < 10,000$)

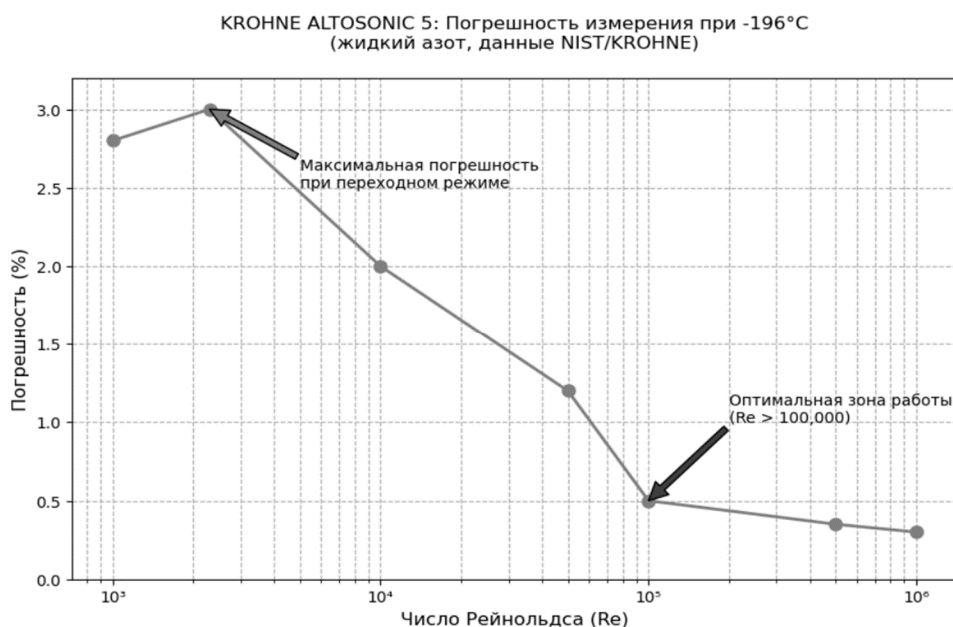


Рис. 1. График зависимости отклонения от номинального расхода в зависимости от чисел Рейнольдса

AL TOSONIC 5. На рисунке 1 приведена зависимость отклонения от номинального расхода в зависимости от чисел Рейнольдса (результат градуировки ультразвукового расходомера на проливной криогенной установке Национального института стандартов и технологий, NIST, США). Перед началом испытаний ультразвуковой расходомер был отградуирован на проливной поверочной установке с водой в качестве рабочей жидкости [4].

Как видно из рисунка 1 существует дополнительная погрешность, возникающая при измерении расходов криогенных жидкостей ультразвукового расходомера, отградуированного на воде. При этом существует как систематическая составляющая погрешности, так и случайная составляющая погрешности, характеризующаяся разбросом результатов измерений в заданной точке расхода [2],[4].

Кориолисовый расходомер. Расходомеры используют эффект Кориолиса для измерения массового расхода жидкости. Принцип действия основан на измерении сдвига фаз колебаний U-образных трубок, по которым движется измеряемая среда. Дополнительная погрешность связана с влиянием низкой температуры на механические свойства U-образных трубок и датчиков измерения сдвига фаз.

Анализ отчета о работе кориолисового массомера KROHNE Optimass

1. Объект исследования Модель расходомера: KROHNE Optimass (коррелометрический/кориолисовый тип).

Принцип действия: Измерение сдвига фаз колебаний U-образных трубок под действием потока жидкости (эффект Кориолиса).

Применение: Криогенные жидкости (жидкий азот, температура до -196°C).

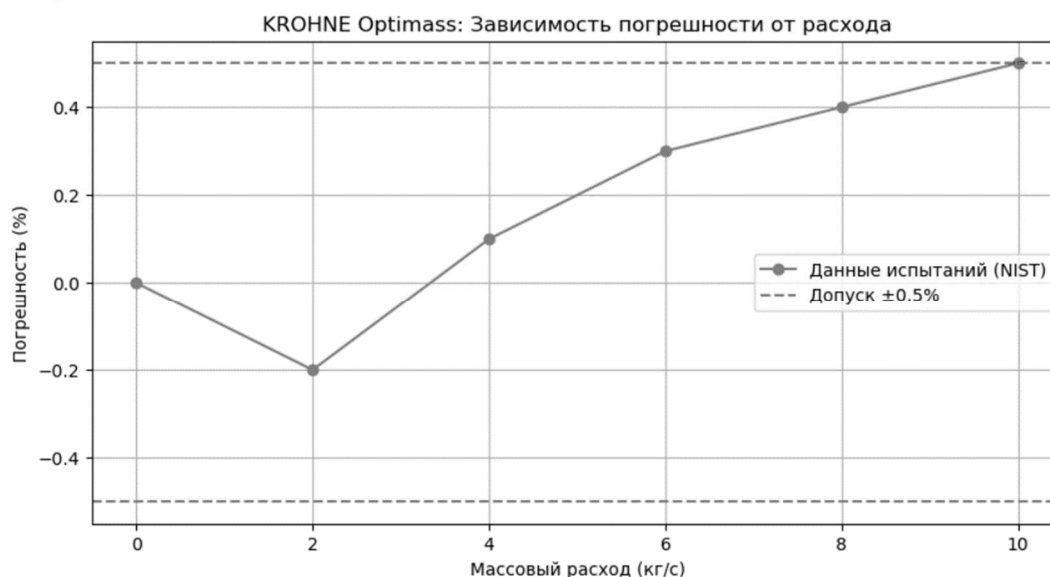


Рис. 2. зависимость относительной погрешности измерений массы от массового расхода от температуры

2. Ключевые параметры и методика испытаний, испытательная база: Криогенная установка NIST (США). Методика – предварительная градуировка на воде, основные испытания на жидком азоте, измеряемые величины – массовый расход (диапазон: 0-10 кг/с), относительная погрешность 0,5 (%).

Таблица 1

Динамика погрешности от расхода

Массовый расход (кг/с)	Погрешность (%)
0	0.00
2	-0.20
4	0.10
6	0.30
8	0.40
10	0.50

3. Вывод по кориолосовому массомеру

Погрешность возрастает с увеличением расхода (нелинейная зависимость), максимальное отклонение: $+0.5\%$ при 10 кг/с, что соответствует заявленной точности $\pm 0.5\%$ для данной модели, систематическая составляющая погрешности связана с температурным влиянием на жесткость трубок.

4. Влияние температуры

При температурах ниже -50°C наблюдается увеличение погрешности из-за изменения модуля упругости материала трубок.

Нелинейности фазового сдвига для жидкого азота (-196°C) требуется

индивидуальная калибровка.

5. Сравнение.

Согласно отчету, аналогичные расходомеры (например, Emerson Micro Motion) демонстрируют:

Большой разброс погрешностей ($\pm 1.0\%$) при криогенных температурах.

6. Заключение

Расходомер KROHNE Optimass обеспечивает высокую точность ($\pm 0.5\%$) в стандартных условиях, но требует дополнительной калибровки для криогенных сред. Необходимо учитывать температурные и механические воздействия. Результаты испытаний NIST подтверждают его применимость для систем учета жидкого азота, но с периодическим контролем погрешностей [2].

Однако на основе полученных данных при исследовании средств измерения зарубежных фирм таких как KROHNE, Endress+Hauser, Entrained Gas Management – EGM TM, Emerson Micro Motion видно что в их системе стандартов по определению метрологических характеристик и достоверности показаний, средства измерения данных фирм проходили испытания и процедуру определения метрологических характеристик и достоверности показаний на криогенных установках по их стандартам разработанных национальных институтов США и Германии, что доказывает подверженность в действительности и адекватности полученных данных при исследований данных расходомеров на криогенной жидкости, доказывает их работоспособность и адекватность их использования для учета криогенных энергоносителей [3],[4].

Список литературы

1. Johnson, A.N., «Cryogenic Flow Measurement Techniques at NIST», NIST Technical Note, 2018. Описание методов измерения расхода криогенных жидкостей (жидкий водород, гелий, азот).
2. Wright, J.D., Hall, B.R., «Coriolis Flow Meters for Cryogenic Applications», Flow Measurement and Instrumentation, 2016. Анализ точности кориолисовых расходомеров в криогенных условиях.
3. NIST Special Publication 250-85, «Cryogenic Flow Meter Calibration Facility», 2020.
4. PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) Report, «Calibration of Cryogenic Flow Meters for LNG Applications», 2021. – Метрологические исследования криогенных расходомеров в PTB.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕРНИЗАЦИИ АСУТП В ПРОИЗВОДСТВЕ ГЛИЦЕРОЛФТАЛЕИНА, ФЕНОЛА И АЦЕТОНА

Р.К. Нургалиев, М.Р. Гарифуллин
ФГБОУ ВО «КНИТУ»,
г. Казань

Аннотация. Данная статья посвящена вопросам модернизации автоматизированной системы управления технологическими процессами получения глицеролфталейна, фенола и

ацетона (АСУТП ГПИПБ, фенола и ацетона). В работе рассматриваются современные подходы к повышению эффективности, надежности и безопасности автоматизированных систем, а также внедрение передовых технологий автоматизации и информационных систем. Особое внимание уделяется анализу существующих решений, выявлению их недостатков и разработке рекомендаций по модернизации с учетом современных требований к промышленной автоматике. Представленные результаты позволяют оптимизировать технологические процессы, снизить энергозатраты и повысить качество продукции при обеспечении высокой степени автоматизации и управляемости производства.

Введение

Автоматизация технологических процессов в химической промышленности является ключевым фактором обеспечения конкурентоспособности, безопасности и экологической устойчивости предприятий. Особую актуальность приобретает модернизация автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) на производствах сложных химических соединений, таких как глицеролфталейн (ГПИПБ), фенол и ацетон, где точность контроля параметров напрямую влияет на качество продукции и безопасность эксплуатации.

Целью данного исследования является анализ современных решений в области автоматизации химических производств и разработка рекомендаций по модернизации АСУТП с учетом требований стандартов IEC 61511, ISA-88 [1] и Industry 4.0.

Современные АСУТП включают:

1. Датчики и КИП (контрольно-измерительные приборы) для мониторинга температуры, давления, расхода и концентрации реагентов;
2. Программируемые логические контроллеры (ПЛК): Siemens S7-1500, Allen-Bradley ControlLogix;
3. SCADA-системы (WinCC, Ignition) для визуализации и архивирования данных;
4. Коммуникационные сети (PROFIBUS, EtherNet/IP, OPC UA).

Производство ГПИПБ, фенола и ацетона включает:

- Окисление и каталитическую конверсию сырья;
- Ректификацию и дистилляцию;
- Кристаллизацию и очистку.

Проблемы действующей системы:

- Устаревшие аппаратные платформы;
- Недостаточная интеграция с MES/ERP;
- Ограниченные возможности предиктивной аналитики;
- Высокие эксплуатационные затраты.
- Методология модернизации АСУТП

1. Аудит и проектирование

- Анализ текущей инфраструктуры;
- Разработка технического задания с учетом SIL-3 (Safety Integrity Level).

2. Выбор оборудования и ПО

- Внедрение цифровых датчиков (Endress+Hauser, Yokogawa);
- Миграция на облачные SCADA (AVEVA PI, Honeywell PHD).

3. Интеграция и тестирование

- Настройка алгоритмов PID-регулирования;
- Внедрение предиктивных моделей на основе машинного обучения.

4. Обучение персонала

- Подготовка операторов к работе с цифровыми двойниками (Digital Twins) [2].

Ключевые технологические решения

- IoT-платформы для удаленного мониторинга;
- Алгоритмы ИИ для оптимизации энергопотребления;
- Блокчейн для отслеживания качества сырья.
- Повышение безопасности
- Внедрение SIS (Safety Instrumented Systems) снизило риск аварий на 70 %;
- Системы автоматической остановки соответствуют IEC 61508.

Перспективные направления

1. Квантовые вычисления для моделирования каталитических процессов.
2. Автономные роботы для инспекции реакторов.
3. Углеродный мониторинг в рамках ESG-стратегий [3].

Заключение

Модернизация АСУТП в производстве ГПИПБ, фенола и ацетона позволяет:

- Снизить экологические риски;
- Обеспечить соответствие стандартам Industry 4.0.

Рекомендации:

- Внедрять когнитивные SCADA с поддержкой ИИ;
- Развивать кибербезопасность по стандарту IEC 62443.

Список литературы

1. IEC 61511:2016. *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector.*
2. Lee, J. et al. (2021). *Digital Twin for Chemical Processes: A Review. Computers & Chemical Engineering*, 149, 107281.
3. ANSI/ISA-88.00.01-2010. *Batch Control Systems.*

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТИ И ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Р.К. Нургалиев, А.Ю. Балуев
ФГБОУ ВО «КНИТУ»,
г. Казань

***Аннотация.** Автоматизация насосной станции откачки дизельного топлива и нефти играет ключевую роль в обеспечении безопасной, эффективной и надежной эксплуатации нефтеперерабатывающих и транспортных объектов. В статье рассматриваются современные подходы к проектированию и внедрению автоматизированных систем управления, их основные компоненты, алгоритмы работы и преимущества. Особое внимание уделяется вопросам повышения надежности, снижению операционных затрат и обеспечению контроля качества перекачиваемых продуктов. Также освещаются перспективы развития автоматизации в нефтегазовой отрасли с учетом внедрения новых технологий, таких как IoT и искусственный интеллект.*

Введение

Автоматизация технологических процессов в нефтеперерабатывающей и транспортной инфраструктуре играет ключевую роль в повышении эффективности, надежности и безопасности эксплуатации промышленных объектов. В условиях ужесточения экологических норм, требований к энергоэффективности и минимизации операционных рисков внедрение автоматизированных систем управления (АСУ) становится критически важным для обеспечения бесперебойной работы насосных станций, осуществляющих транспортировку нефти и дизельного топлива.

Основными задачами автоматизации данных объектов являются:

- Непрерывный мониторинг и регулирование технологических параметров;
- Своевременное выявление и устранение аварийных ситуаций;
- Оптимизация энергопотребления и снижение эксплуатационных затрат;
- Обеспечение экологической безопасности и минимизация антропогенного воздействия.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью внедрения современных цифровых решений, соответствующих международным стандартам промышленной автоматизации, таким как ISA-95 и IEC 61511 [1].

1. Технологические особенности насосных станций

Насосные станции, предназначенные для перекачки углеводородных жидкостей, представляют собой сложные инженерные комплексы, включающие:

- Насосное оборудование (центробежные, поршневые, винтовые насосы), выбираемое исходя из вязкости и плотности транспортируемой среды;
- Трубопроводные системы и запорно-регулирующую арматуру, обеспечивающие герметичность и управление потоками;
- Резервуарные парки, оснащенные датчиками уровня и системами защиты от переполнения;
- Контрольно-измерительные приборы (КИП) для мониторинга давления,

температуры, расхода и других критических параметров.

Ключевые технологические вызовы включают:

- Необходимость поддержания оптимального температурного режима для предотвращения застывания нефтепродуктов;

- Требования к чистоте перекачиваемых жидкостей (фильтрация, сепарация);

- Обеспечение взрывобезопасности и защита от утечек.

2. Архитектура автоматизированных систем управления

Современные АСУ насосных станций базируются на трехуровневой модели:

1. Полевой уровень – включает датчики, исполнительные механизмы и программируемые логические контроллеры (ПЛК), обеспечивающие сбор данных и управление оборудованием в реальном времени.

2. Диспетчерский уровень – подразумевает использование SCADA-систем (Supervisory Control and Data Acquisition) для визуализации процессов, формирования тревожных сообщений и архивирования данных.

3. Корпоративный уровень – интеграция с ERP- и MES-системами для аналитики и стратегического планирования.

3. Ключевые методы автоматизации

Современные подходы к автоматизации насосных станций включают:

- Алгоритмы PID-регулирования для поддержания заданных параметров давления и расхода;

- Предиктивную аналитику на основе машинного обучения для прогнозирования отказов оборудования;

- Автоматические системы аварийной остановки (ESD – Emergency Shutdown Systems), соответствующие стандартам SIL (Safety Integrity Level);

- Цифровые двойники (Digital Twins) для моделирования работы станции в различных режимах [2].

4. Перспективные направления развития

1. Внедрение Industrial Internet of Things (IIoT) – подключение интеллектуальных датчиков и облачных платформ для удаленного мониторинга.

2. Использование искусственного интеллекта для оптимизации энергопотребления и снижения углеродного следа [3].

3. Блокчейн-технологии для повышения прозрачности логистических операций.

4. Автономные роботизированные системы для инспекции трубопроводов и оборудования.

Заключение

Автоматизация насосных станций перекачки нефтепродуктов является стратегическим направлением развития нефтегазовой отрасли. Внедрение современных АСУ позволяет достичь значительного роста производительности, снижения эксплуатационных затрат и повышения уровня промышленной безопасности.

Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на интеграции квантовых вычислений, развитии киберфизических систем и совершенствовании нормативной базы в области цифровизации нефтегазовой инфраструктуры.

Список литературы

4. IEC 61511:2016. *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector*.
5. Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). *A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems*. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
6. Boyes, H. (2018). *Cybersecurity and Industrial Control Systems*. IET.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ АГРЕГАТА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО – ОБЗОР МЕТОДОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Р.К. Нургалиев, А.Н. Ильин
ФГБОУ ВО «КНИТУ»,
г. Казань

Аннотация. В статье представлен комплексный обзор современных методов и оборудования для автоматизации систем управления газоперекачивающими агрегатами (ГПА). Рассмотрены ключевые аспекты построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), включая классические и цифровые методы регулирования, применяемые контроллеры, сенсорные системы, SCADA-платформы и протоколы промышленной связи. Особое внимание уделено адаптивным и прогнозирующим алгоритмам управления, а также интеллектуальным технологиям, таким как искусственные нейронные сети и экспертные системы. Проанализированы требования к надежности, энергоэффективности и безопасности при эксплуатации ГПА. Приведены примеры успешного внедрения автоматизированных решений в газотранспортной отрасли, демонстрирующие повышение эксплуатационной эффективности и снижение энергопотребления. Обозначены основные проблемы и перспективные направления развития автоматизации, включая применение цифровых двойников, промышленного интернета вещей (IIoT) и методов машинного обучения.

Ключевые слова: автоматизация, газоперекачивающий агрегат (ГПА), АСУ ТП, SCADA, промышленные контроллеры, адаптивное управление, прогнозирующие алгоритмы, искусственный интеллект, цифровизация.

Введение

Современная нефтегазовая отрасль сталкивается с возрастающими требованиями к эффективности и надежности транспортировки углеводородов. В этом контексте автоматизация систем управления газоперекачивающими агрегатами (ГПА) приобретает особую значимость. Развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) для ГПА обусловлено необходимостью обеспечения бесперебойной работы магистральных газопроводов, повышения энергоэффективности и соблюдения строгих требований промышленной безопасности. Современные решения в этой области интегрируют передовые технологии управления, мониторинга и диагностики, позволяя перейти от традиционных методов контроля к интеллектуальным системам нового поколения.

Обзор газоперекачивающих агрегатов и их систем управления

Газоперекачивающие агрегаты представляют собой сложные технологи-

ческие комплексы, основное назначение которых – обеспечение транспортировки природного газа по магистральным трубопроводам. Конструктивно ГПА включают в себя компрессорные установки (как правило, газотурбинные или электрические), системы охлаждения, а также комплекс контрольно-измерительных приборов и автоматики. Особенностью управления такими системами является необходимость учета нелинейной динамики газового потока, которая существенно осложняет процесс регулирования параметров транспортировки.

Технологические особенности ГПА предъявляют особые требования к системам управления. Во-первых, это требование исключительной надежности, так как остановка компрессорной станции может привести к серьезным нарушениям работы всей газотранспортной системы. Во-вторых, система должна обладать способностью адаптироваться к значительным колебаниям нагрузки, вызванным изменяющимся спросом на газ. Традиционные подходы к управлению, основанные на ручном регулировании параметров или использовании полуавтоматических систем с локальными контурами контроля, не в полной мере отвечают современным требованиям, демонстрируя недостаточную гибкость и не обеспечивая оптимальных режимов работы оборудования.

Современные АСУ ТП ГПА должны соответствовать следующим требованиям:

- Повышение надежности и безопасности за счет резервирования и диагностики.
- Оптимизация энергопотребления с использованием адаптивных алгоритмов.
- Интеграция с системами мониторинга (вибрация, температура, утечки).
- Удаленный контроль и управление через SCADA и промышленные IoT-решения.

Методы автоматизации управления ГПА

1. Классические методы автоматического управления

- ПИД-регуляторы обеспечивают стабилизацию давления и расхода, но требуют точной настройки.
- Программируемые логические контроллеры (PLC) применяются для дискретного и непрерывного управления.

- Ограничения: низкая адаптивность к изменяющимся условиям.

2. Современные цифровые методы

- Адаптивное управление позволяет подстраивать параметры регуляторов в реальном времени.

- Прогнозирующее управление (MPC) оптимизирует работу ГПА с учетом будущих изменений нагрузки.

- Искусственные нейронные сети и экспертные системы используются для диагностики и оптимизации.

3. Методы диагностики и мониторинга

- Вибрационный контроль выявляет механические повреждения.

- Многосенсорные системы (давление, температура, расход) интегрируются в единую сеть.
- IoT-платформы обеспечивают удаленный сбор и анализ данных.

Для эффективной автоматизации газоперекачивающих агрегатов необходимы специализированные технические решения. Производители вроде Siemens, Schneider Electric и Allen-Bradley выпускают надежные программируемые контроллеры, адаптированные к условиям эксплуатации на компрессорных станциях. Датчики от известных брендов обеспечивают точное измерение параметров, таких как давление и температура. Электроприводы обязаны поддерживать стабильность даже при больших колебаниях нагрузки и агрессивных средах. SCADA-системы формируют удобную среду мониторинга и управления, включая инструменты аналитики и архивацию данных. Промышленные сети обмена информацией поддерживают связь между компонентами автоматизированной системы.

Практический опыт внедрения современных систем автоматизации демонстрирует их высокую эффективность. Так, применение методов прогнозирующего управления на компрессорных станциях «Газпрома» позволило достичь снижения энергопотребления на 5-7 %, что при масштабах российской газотранспортной системы дает значительный экономический эффект. Другим перспективным направлением является использование нейросетевых алгоритмов для прогнозирования отказов оборудования, что позволяет перейти от планово-предупредительного обслуживания к более эффективной стратегии обслуживания по фактическому состоянию.

Перспективы развития автоматизации газоперекачивающих агрегатов

Современный этап технологического развития в области автоматизации газоперекачивающих агрегатов (ГПА) характеризуется активным внедрением цифровых технологий нового поколения. На первый план выходят решения на основе искусственного интеллекта (ИИ) и промышленного интернета вещей (IIoT), которые кардинально преобразуют традиционные подходы к управлению технологическими процессами. Эти инновационные методы не просто повышают эффективность работы оборудования, но и создают принципиально новые возможности для перехода от реактивного к предиктивному обслуживанию, что существенно сокращает простои и минимизирует эксплуатационные расходы.

Искусственный интеллект в управлении ГПА

Применение технологий искусственного интеллекта и машинного обучения открывает новые горизонты в оптимизации работы газоперекачивающих агрегатов. Одним из наиболее перспективных направлений является разработка адаптивных систем управления, способных в реальном времени анализировать поток данных от многочисленных датчиков, отслеживающих ключевые параметры работы оборудования – давление, температуру, уровень вибрации и другие критические показатели. Такие интеллектуальные системы не просто фиксируют текущее состояние агрегата, но

и самостоятельно корректируют его рабочие параметры, обеспечивая максимально возможный коэффициент полезного действия в постоянно меняющихся условиях эксплуатации.

Особое значение приобретают нейросетевые модели, позволяющие с высокой точностью прогнозировать нагрузку на оборудование с учетом сезонных колебаний спроса на транспортируемый газ. Эти модели, обученные на больших массивах исторических данных, способны выявлять сложные нелинейные зависимости между различными параметрами работы системы, что невозможно при использовании традиционных методов анализа.

Не менее важным аспектом применения ИИ-технологий является развитие предиктивной аналитики и диагностики оборудования. Современные алгоритмы машинного обучения, такие как Random Forest или LSTM-сети, демонстрируют исключительную эффективность в раннем выявлении аномалий в работе агрегатов. Особенно показателен в этом отношении анализ вибрационных и акустических характеристик оборудования, где интеллектуальные системы, подобные тем, что реализованы на платформе Siemens MindSphere, позволяют обнаруживать малейшие признаки износа критических компонентов, таких как подшипники, задолго до возникновения серьезных неисправностей.

Особого внимания заслуживает технология цифровых двойников, которая становится все более востребованной в управлении сложными техническими системами. Виртуальные модели газоперекачивающих агрегатов, созданные на основе данных SCADA-систем и промышленного интернета вещей, предоставляют уникальную возможность тестировать различные сценарии работы оборудования в безопасной цифровой среде. Это позволяет не только оптимизировать текущие процессы, но и заранее оценивать последствия потенциальных изменений в конфигурации системы. Ярким примером успешного применения этой технологии является опыт компании GE Digital, использующей цифровые двойники на платформе Predix для совершенствования работы турбин и компрессоров.

Интеграция промышленного интернета вещей

Внедрение решений промышленного интернета вещей (IIoT) в системы управления газоперекачивающими агрегатами приводит к качественному изменению возможностей мониторинга и управления технологическими процессами. Современные облачные платформы, такие как MindSphere, Predix или PTC ThingWorx, обеспечивают сбор и обработку огромных массивов данных с тысяч датчиков, развернутых по всей технологической цепочке. При этом особое значение приобретает концепция распределенных вычислений, когда первичная обработка информации происходит непосредственно на уровне промышленных контроллеров (например, Siemens Edge), что существенно снижает нагрузку на центральные серверные мощности и повышает общую отказоустойчивость системы.

Важнейшим преимуществом IIoT-решений является их вклад в повышение энергоэффективности работы оборудования. Интеллектуальные алгоритмы, работающие с данными от многочисленных сенсоров, позволяют не просто

фиксировать текущее энергопотребление, но и выявлять скрытые резервы для его оптимизации. Результаты внедрения таких систем говорят сами за себя – например, применение платформы Schneider Electric EcoStruxure на компрессорных станциях «Газпрома» позволило добиться снижения энергозатрат на 12-15 %, что при масштабах газотранспортной системы дает колоссальный экономический эффект.

Не менее важным аспектом развития ИТ-решений является обеспечение кибербезопасности распределенных систем управления. В этом контексте особый интерес представляют блокчейн-технологии, обеспечивающие надежную защиту данных в децентрализованных сетях. Дополнительный уровень безопасности обеспечивают специализированные системы анализа киберугроз на основе искусственного интеллекта, такие как Darktrace Industrial Immune System, способные выявлять и нейтрализовывать потенциально опасные аномалии в сетевом трафике.

Перспективные направления развития

Говоря о перспективах развития систем автоматизации газоперекачивающих агрегатов, нельзя не отметить несколько особенно многообещающих направлений. Во-первых, это разработка полностью автономных ГПА, способных длительное время функционировать с минимальным вмешательством оператора. Во-вторых, применение квантовых вычислений для моделирования сложных термодинамических процессов открывает новые возможности для оптимизации работы оборудования. И наконец, создание гибридных систем, сочетающих искусственный интеллект с когнитивными технологиями, позволит решать сложные задачи управления в нештатных ситуациях, когда традиционные алгоритмы оказываются неэффективными.

Развитие технологий искусственного интеллекта и промышленного интернета вещей кардинально меняет подходы к управлению газоперекачивающими агрегатами, создавая условия для перехода от традиционных методов обслуживания к принципиально новым – предиктивным и даже автономным. Однако на этом пути остается еще немало вызовов, главными из которых являются проблемы интеграции устаревшего оборудования с современными цифровыми решениями и обеспечение надежной кибербезопасности распределенных систем управления.

Для дальнейшего развития этого направления исследований особенно актуальными представляются работы по стандартизации подходов к созданию цифровых двойников в нефтегазовой отрасли, а также экспериментальная проверка возможностей квантовых алгоритмов в задачах оптимизации работы газотранспортных систем. Эти исследования могут открыть новые перспективы для создания интеллектуальных систем управления следующего поколения, способных принципиально изменить подходы к эксплуатации сложного технологического оборудования.

Заключение

Автоматизация ГПА позволяет повысить эффективность и безопасность газотранспортных систем. Развитие ИИ и IoT трансформирует управление ГПА, обеспечивая переход от реактивного к предиктивному и даже автономному обслуживанию. Ключевыми вызовами остаются интеграция legacy-оборудования с новыми технологиями и обеспечение кибербезопасности.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ: ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ

Р.К. Нургалиев, Д.А. Иткин
ФГБОУ ВО «КНИТУ»,
г. Казань

Аннотация. Автоматизация насосных станций в нефтегазовой отрасли является критически важным фактором повышения операционной эффективности, промышленной безопасности и экологической устойчивости. В статье проведен анализ современных решений в области автоматизированного управления, включая SCADA-системы, IoT-платформы и технологии предиктивной аналитики. Рассмотрены кейсы внедрения в компаниях ExxonMobil, Shell и «Газпром нефть», демонстрирующие снижение эксплуатационных затрат на 15-25% и повышение надежности оборудования. Особое внимание уделено ключевым проблемам внедрения: технологической совместимости, экономической окупаемости, кадровому дефициту и кибербезопасности. Определены перспективные направления развития, такие как цифровые двойники, автономные системы на базе ИИ и экологически ориентированные технологии.

Ключевые слова: автоматизация насосных станций, промышленный IoT, предиктивная аналитика, кибербезопасность, цифровой двойник.

Введение

Нефтегазовый сектор, обеспечивающий >30% мирового энергопотребления, сталкивается с необходимостью трансформации технологических процессов в условиях ужесточения экологических норм (ISO 14001) и требований к энергоэффективности (Директива EU 2018/2001). Автоматизация насосных станций перекачки нефтепродуктов позволяет:

- Снизить частоту аварийных ситуаций на 40-60 % (по данным API RP 1130);
- Повысить энергетическую эффективность на 15-20 %;
- Обеспечить соответствие стандартам SIL 3 (IEC 61511).

Цель работы – комплексный анализ технологических, экономических и организационных аспектов автоматизации насосных станций. Методология включает:

- Сравнительный анализ решений ABB, Siemens и отечественных разработок («Росэнергоатом»);
- Оценку эффективности на основе KPI (MTBF, OEE);

- Моделирование экономической окупаемости с использованием NPV-анализа.

Современные системы управления насосными станциями реализуют трехуровневую модель:

1. Полевой уровень:

- Датчики давления (класс точности 0.1 %, Emerson Rosemount 3051);
- ПЛК (Siemens S7-1500, Rockwell ControlLogix);
- Частотные преобразователи (ABB ACS880).

2. Диспетчерский уровень:

- SCADA-системы (AVEVA PI, WinCC);
- Системы предиктивной аналитики (Seeq, Splunk).

3. Корпоративный уровень:

- Интеграция с ERP (SAP S/4HANA);
- Цифровые двойники (ANSYS Twin Builder).

Ключевыми технологическими решениями являются:

- **Алгоритмы PID-регулирования** с адаптацией к изменению вязкости нефтепродуктов;
- **Беспроводные датчики** (WirelessHART) для мониторинга удаленных объектов;
- **Системы кибербезопасности** (FireEye, Kaspersky Industrial) для защиты от АPT-атак.

Экономическая эффективность:

Таблица 1
Анализ кейсов внедрения

Компания	Технология	Эффект
ExxonMobil	IoT + предиктивная аналитика	Снижение простоев на 22 %
Shell	Цифровой двойник	Увеличение MTBF на 35 %
Газпром нефть	Российская SCADA	Сокращение OPEX на 18 %

Окупаемость инвестиций для типового проекта модернизации (бюджет \$2.5 млн):

- Срок окупаемости (PBP): 3.2 года;
- NPV (10% дисконт): \$1.8 млн;
- IRR: 24 %.

Проблемы внедрения:

1. Технические риски

- Несовместимость с legacy-оборудованием (до 30% затрат на адаптацию);
- Дефицит пропускной способности промышленных сетей (PROFIBUS vs. Ethernet-APL).

2. Кадровый дефицит

По данным McKinsey, мировая нехватка специалистов Industrial IoT к 2025 г. достигнет 1.4 млн человек.

- 3. Киберугрозы
 - 68 % промышленных объектов подвергались атакам в 2023 г. (IBM X-Force);
 - Средний ущерб от инцидента: \$4.2 млн.

1. Автономные системы на базе ИИ (Digital Twin Consortium, 2023):

- Самооптимизация режимов перекачки;
 - Прогнозирование отказов с точностью >90%.
2. Зеленые технологии:
- Водородные насосы (проекты Shell и BP);
 - Системы улавливания углерода (Carbon Clean).

Автоматизация насосных станций переходит в фазу когнитивных систем, сочетающих IoT, ИИ и кибербезопасность. Критически важными становятся:

- Развитие отечественных решений (импортозамещение ПО);
- Создание образовательных программ по Industrial AI;
- Внедрение стандартов NIST SP 800-82.

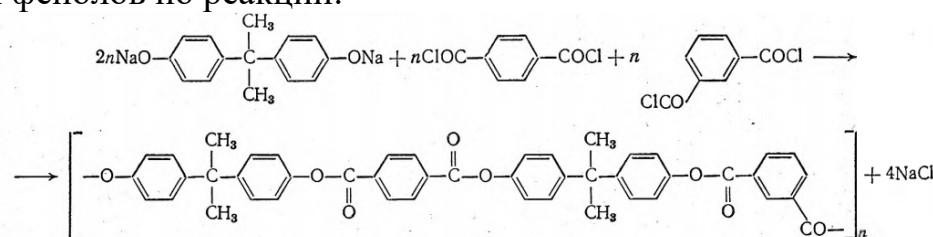
- Применение квантовых вычислений для оптимизации трубопроводных сетей;
- Разработка биоразлагаемых смазочных материалов для насосов.

А.О. Рухмаков

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. В данной статье рассматривается автоматизация процесса производства полиарилата. Полиарилаты представляют собой сложные гетероцепные полиэфиры двухатомных фенолов и дикарбоновых кислот. Они обладают ценным комплексом свойств: высокими тепло- и термостойкостью, хорошими диэлектрическими показателями в широком интервале температур, стойкостью к действию многих химических агентов, ультрафиолетового и ионизирующего излучения.

В промышленности полиарилаты получают поликонденсацией дихлорангидридов ароматических дикарбоновых кислот и дифенолятов натрия двухатомных фенолов по реакции:



Для этого используют межфазную поликонденсацию при комнатной температуре и поликонденсацию в растворе высококипящего растворителя при повышенной температуре.

На рисунке представлена принципиальная схема производства полиарилата межфазной поликонденсацией.

В реактор 1 загружают дифенилолпропан, водный раствор щелочи и эмульгатор. Образующийся дифенолят через фильтр 2 и ротаметр 3 поступает в реактор поликонденсации 4, в который подается раствор дихлорангидридов изофталевой и терефталевой кислот в п-ксилоле в аппарате 5.

Профильтрованные растворы подают в реактор 4, где при 20-25 °С и перемешивании мешалкой в течение 20-40 мин происходит реакция поликонденсации, сопровождающаяся выделением полимера в виде порошка.

Полученная суспензия полимера передается в сборник 8, затем на отжим в центрифугу 9, в которой одновременно промывается водой.

Влажный полимер через бункер 10 поступает на сушку в сушилку с кипящим слоем 11, где под действием горячего воздуха высушивается до заданной влажности.

Порошкообразный полиарилат далее гранулируется в грануляторе 12 и упаковывается. Частицы полимера, унесенные из сушилки воздухом, поступают в циклон 13, отделяются от воздуха и подаются на грануляцию.

Межфазной поликонденсацией могут быть получены полиарилаты с молекулярной массой до 150 000 и высоким выходом.

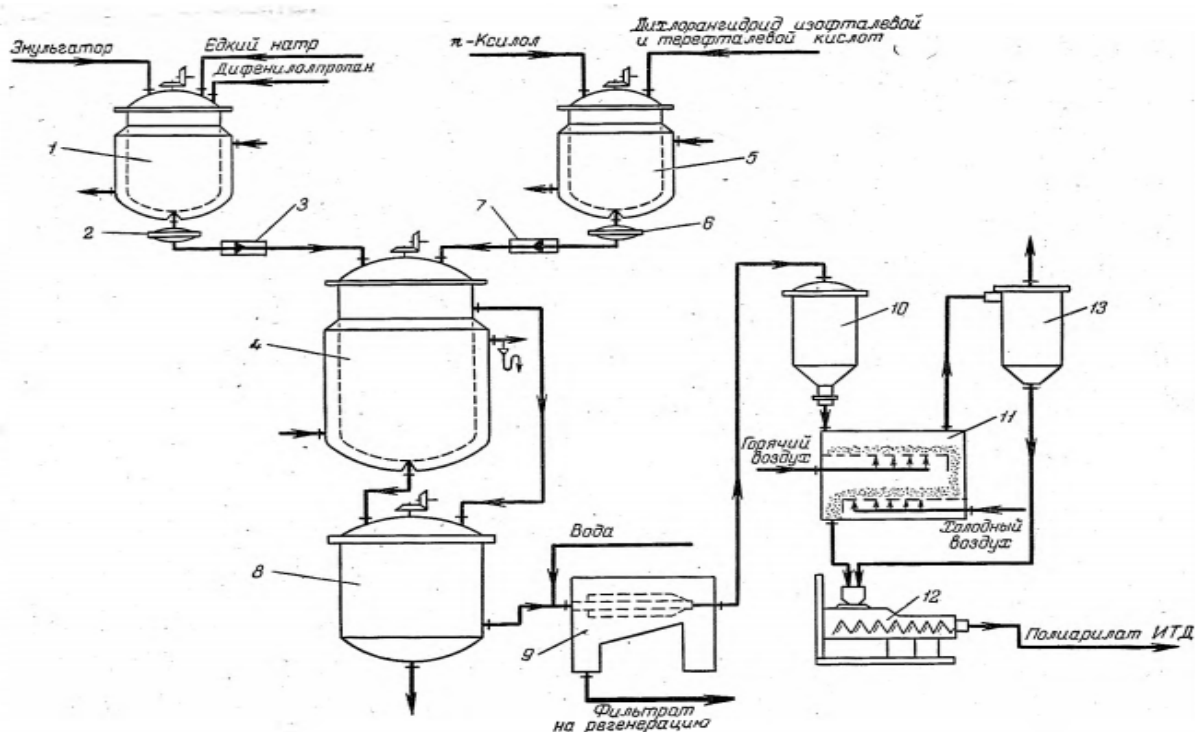


Схема процесса производства полиарилата

- 1 – реактор для приготовления раствора фенолята натрия; 2,6 – фильтры; 3,7 – ротаметры; 4 – реактор поликонденсации; 5 – аппарат для приготовления раствора дихлорангидрида; 8 – сборник суспензии; 9 – центрифуга НОГШ; 10 – бункер с питателем; 11 – сушилка с кипящим слоем; 12 – гранулятор; 13 – циклон

Для автоматизации производства применяются следующие датчики:

– **Датчики температуры.** Для отслеживания температуры в данном технологическом процессе оптимальным выбором будет использование термопреобразователей сопротивления Pt100.

– **Датчики уровня.** Для отслеживания количества жидкого вещества по уровню его поверхности в определенной ёмкости и для измерения в реакторе нередко используют ультразвуковые локационные уровнемеры

– **Датчики давления.** Для измерения избыточного, абсолютного, вакуумметрического, избыточно-вакуумметрического давления в реакторах выбирают интеллектуальные преобразователи.

– **Датчики расхода.** Для измерения объемного расхода и объема электропроводящих жидкостей и получения более точных данных применяют электромагнитные расходомеры.

Для автоматизации непрерывного производственного процесса выбран программируемые логические контроллеры Siemens S7-400H с функцией горячего резервирования, что гарантирует бесперебойную работу системы даже при выходе из строя одного из контроллеров. Выбор оборудования Siemens обусловлен, его надежностью и соответствием требованиям безопасности данного производства.

Использование взрывобезопасных датчиков и программируемых логических контроллеров (ПЛК) с интегрированной системой противоаварийной защиты (ПАЗ) обеспечивает ряд преимуществ.

Во-первых, повышается качества продукта, так как автоматика обеспечивает постоянство параметров процесса.

Во-вторых, минимизируется влияние человеческого фактора на процесс, снижая вероятность ошибок и отклонений от технологического регламента.

В-третьих, значительно повышается безопасность производства за счёт своевременного обнаружения и предотвращения аварийных ситуаций, что критически важно при работе со взрывоопасными веществами.

Наконец, автоматизация существенно оптимизирует затраты. Это достигается за счёт сокращения простоев оборудования, вызванных авариями или человеческими ошибками, а также уменьшения количества брака и отходов.

В целом, система автоматизации обеспечивает более эффективный, безопасный и экономичный процесс производства. Умелое внедрение автоматизированных систем обеспечивает значительную выгоду в экономическом и производственном плане, укрепляя позиции предприятия на рынке.

Список литературы

1. Валиуллина В.А. Разработка функциональных схем автоматизации технологических процессов / В.А. Валиуллина, В.А. Садофьев. – Казань: КНИТУ, 2013.

2. Иванова Г.В. Автоматизация технологических процессов основных химических производств: Методическое пособие. Часть 1 / Г.В. Иванова. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2003. – 70с.

3. Антонов А.С. Автоматизированная система управления сжатием газа / А.С. Антонов, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научный аспект. – 2019. – Т. 13, № 2. – 1580-158 с.

4. Каталог продукции фирмы Siemens [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ru-siemens.com/>.

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В МОБИЛЬНЫХ РОБОТАХ ДЛЯ СКЛАДСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Т.Н. Мухутдинов

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,
г. Санкт-Петербург

***Аннотация.** В статье рассмотрены возможности, технологии, преимущества и перспективы применения машинного обучения в мобильных роботах на складах.*

Современные склады сталкиваются с необходимостью обрабатывать огромные объемы заказов в условиях высокой точности, скорости и гибкости. Традиционные методы управления складом с участием только человеческой рабочей силы становятся недостаточно эффективными. В этой связи особую актуальность приобретают мобильные роботы, особенно те, которые используют методы машинного обучения для принятия решений и адаптации к изменяющимся условиям.

Машинное обучение (ML) представляет собой набор методов, с помощью которых компьютерные системы, включая мобильных роботов, могут самостоятельно улучшать свои действия, анализируя данные и извлекая из них закономерности. В складской робототехнике ML является ключевым элементом интеллектуализации логистических процессов. Ниже рассмотрены основные технологии ML, применяемые в робототехнических системах. [1]

1. Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning, RL)

Обучение с подкреплением используется для обучения робота выбору оптимальных действий в сложных и изменяющихся средах. Робот получает «награду» за успешные действия и «штраф» за ошибки, постепенно вырабатывая стратегию поведения.

Примеры применения:

- Автономная навигация по складу.
- Оптимизация маршрутов движения.
- Управление очередностью задач при комплектации заказов.

2. Глубокое обучение (Deep Learning)

Глубокое обучение использует многослойные нейронные сети, которые особенно эффективны при работе с неструктурированными данными, такими как изображения, видео и сигналы с сенсоров.

Примеры применения:

- Распознавание объектов (товары, паллеты, штрихкоды).

- Анализ визуального окружения робота.
- Выявление дефектов продукции.

3. Обучение без учителя (Unsupervised Learning)

При обучении без учителя алгоритмы самостоятельно находят закономерности в данных без заранее размеченных меток.

Примеры применения:

- Кластеризация товаров по частоте спроса.
- Определение аномалий в поведении роботов.
- Самостоятельная адаптация к новому размещению стеллажей.

4. Обучение с учителем (Supervised Learning)

Этот подход требует размеченных данных, на основе которых алгоритм обучается предсказывать результаты.

Примеры применения:

- Прогнозирование объёмов заказов.
- Предсказание времени на выполнение задач.
- Определение состояния техники по сенсорным данным.

5. Мультимодальное обучение

Объединяет данные из различных источников: изображения, звуки, сенсоры, телеметрия. Это позволяет роботу принимать более обоснованные решения.

Примеры применения:

- Комбинированная навигация по камерам, лидару и GPS.
- Одновременный учёт визуальных и температурных показателей.

6. Онлайн-обучение (Online Learning)

Робот обновляет свою модель в реальном времени по мере поступления новых данных. Это особенно важно в динамичных средах, таких как склады.

Преимущества:

- Мгновенная адаптация к новым условиям.
- Обнаружение изменений без повторного обучения с нуля.

7. Интеграция с SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)

Машинное обучение усиливает классические алгоритмы SLAM, позволяя роботам не только строить карту и ориентироваться, но и предугадывать изменения в окружении, основываясь на предыдущем опыте.

В результате роботы становятся не просто инструментом автоматизации, а частью интеллектуальной логистической системы, взаимодействующей с WMS и ERP. [2]

Преимущества применения ML:

- Повышение точности и снижение ошибок при подборке и транспортировке товаров.
- Увеличение производительности и скорости операций.
- Снижение затрат на персонал и обучение.
- Возможность самообучения и адаптации без вмешательства программиста.
- Улучшение планирования запасов и логистики в целом.

Проблемы внедрения:

- Высокая стоимость внедрения и модернизации оборудования.

- Сложности интеграции с уже существующей инфраструктурой.
- Необходимость подготовки персонала к работе с новыми системами.
- Вопросы безопасности и стабильности работы автономных систем.

Внедрение машинного обучения в мобильных роботов для складских операций является ключевым направлением развития логистики и автоматизации. Такие системы позволяют достичь высокого уровня эффективности, точности и устойчивости. Несмотря на существующие трудности, компании, инвестирующие в эти технологии, получают весомые преимущества и становятся лидерами в своей отрасли.

Список литературы

1. Галушкин А.И. *Нейронные сети: основы теории* / А.И. Галушкин. – М.: Гор. линия-Телеком, 2012. – 496 с.
2. Юревич Е.И. *Основы робототехники*. – 2-е изд., перераб. и доп. / Е.И. Юревич. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 117 с.

ПИНЧ-АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Р.Н. Валиев

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»,
г. Казань

Аннотация. В статье рассмотрены общие вопросы проведения пинч-анализа теплообменных сетей технологических схем действующих производств. Приведены примеры пинч-графиков построенных с использованием электронных таблиц.

Теплообменные сети действующих производств отличаются от вновь создаваемых малой степенью свободы. Структурно они уже сформированы и чтобы, внести в них какие-либо изменения потребуются значительные финансовые вложения и даже в этом случае достигнуть максимально возможной рекуперации в большинстве случаев не получится. Последовательность проведения пинч-анализа таких производств, можно представить в следующем виде [1, 2]: 1) определяются требующие нагрева (холодные) и требующие охлаждения (горячие) технологические потоки, их расходы и параметры, составы и свойства; 2) строятся составные кривые холодных и горячих технологических потоков; 3) определяется минимальный температурный напор между холодными и горячими потоками в теплообменной сети (рекомендуется принимать 10 °С, но напор может быть, как меньше, так и больше указанного значения; 4) осуществляется перемещение холодных и горячих составных кривых вдоль оси энтальпий до определения минимально-допустимого температурного интервала (пинча) между холодными и горячими составными кривыми по оси температур и определяются потоки, между которыми необходимо организовать теплообмен, чтобы оптимизировать затраты.

В местах пинча теплообменники размещают с соблюдением особых правил [3]. Несоблюдение этих правил может привести к нарушению основополагающих принципов теплообмена и невозможности передачи теплоты от горячего потока к холодному. Размещение теплообменников на потоках может проводиться как вертикально, так и перекрестно относительно температурно-энтальпийных интервалов, в которых изменяются параметры потоков. Главное правило: не допускать использования горячих внешних утилит ниже пинча, и холодных внешних утилит выше пинча. Также не рекомендуется осуществлять теплообмен поперек пинча. Теплообменная сеть считается сбалансированной, когда вся теплота горячих потоков в схеме воспринимается холодными потоками. Если собственного энергетического потенциала технологических потоков не хватает, к схеме дополнительно подводят внешние энергетические утилиты, например, водяной пар выше пинча, а оборотную воду ниже пинча.

На рис. 1 а, б, в качестве примера, показаны два энтальпийно-температурных пинч-графика: без учета и с учетом внешних утилит. Для пинч-графика без учета внешних утилит при построении выбирают только технологические потоки, которые необходимо нагревать и охлаждать в соответствии с реализуемой технологией. Для пинч-графика с учетом внешних утилит при построении выбирают, как технологические потоки, так и внешние энергетические утилиты. Каждый выбранный поток ограничивается двумя контрольными точками с определенными параметрами, что позволяет определить количество теплоты, которое нужно к потоку подвести или отвести.

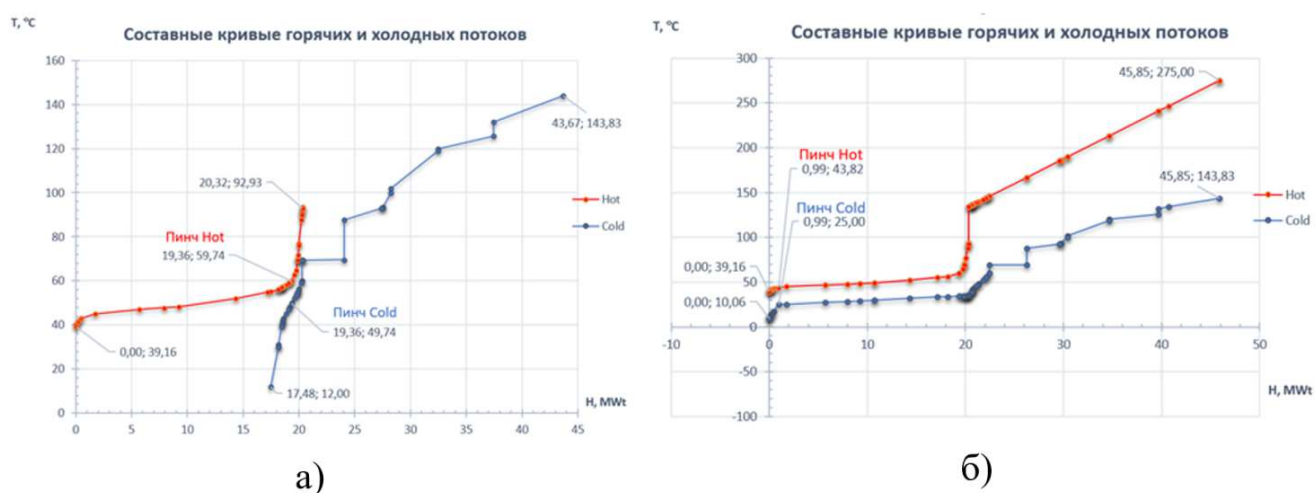


Рис. 1 а, б. Пинч-графики с составными кривыми потоков:

а) – без учета внешних утилит; б) – с учетом внешних утилит. Обозначения:

Hot – все горячие потоки объединенные в одну горячую составную кривую; Cold – все холодные потоки объединенные в одну холодную составную кривую; Пинч – место нахождения минимально-допустимого температурного интервала (пинча) между холодными и горячими составными кривыми по оси температур

На рис. 1 а, наглядно видно насколько сильно технология нуждается во внешних утилитах. На рис. 1 б, все горячие и холодные технологические потоки сбалансированы подводом внешних утилит. Последующий анализ пинч-

графиков подтвердил, что технология практически не имеет пригодных для рекуперации потоков, а выявленный потенциал рекуперации, это примерно 3 МВт, находится рядом с пинчем и его трудно использовать без дополнительных вложений.

Список литературы

1. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 458 с.

2. Kemp, Ian C. Pinch analysis and process integration – A user guide on process integration for the efficient use of energy. Elsevier Ltd, 2007. – 415 p.

3. Robin Smith, Megan Jobson, Lu Chen. Recent development in the retrofit of heat exchanger networks, Applied Thermal Engineering, 2010, Volume 30, Issue 16, p. 2281.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ МОДУЛЬ КАК УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НЕФТЯНОЙ КАЧАЛКИ

Д.И. Сиразетдинов

Ульяновский государственный технический университет,
г. Ульяновск

Аннотация. Современная нефтедобыча сталкивается с множеством технологических и экономических вызовов, которые требуют внедрения новых инженерных решений для повышения эффективности и надежности процессов. Одной из ключевых задач в этой области является оптимизация работы нефтяных качалок, предназначенных для извлечения нефти из скважин. Традиционные системы управления электроприводами этих устройств нередко оказываются недостаточно эффективными, что приводит к увеличению эксплуатационных расходов и снижению производительности.

Одним из перспективных подходов к решению данной проблемы является использование транзисторных модулей в системах управления электроприводами переменного тока.

Нефтяная качалка (станок-качалка) представляет собой один из типов наземных приводов штанговых скважинных насосов (ШСН), который используется при эксплуатации нефтяных скважин.

Станок-качалка (СК) – это механизм, который преобразует вращательное движение, получаемое с помощью электродвигателя, в возвратно-поступательное движение колонны штанг.

Для управления таким электродвигателем можно и целесообразно использовать транзисторный регулятор напряжения. Транзисторный регулятор напряжения (ТрРН) представляет собой устройство управления асинхронным двигателем переменного тока.

Его задачей, как и всех устройств управления, является регулирование напряжения, поступающего на вход, с целью получения нужной величины этого напряжения на выходе. На рисунке приведена схема транзисторного регулятора напряжения, в состав которого также входят трансформаторы.

Схема данного регулирующего устройства включает в себя один силовой транзистор VT1, вольтодобавочный трансформатор, воздействующий на каждую фазу. Транзистор подключен к зажимам диодного моста VD1 и выполняет функцию нулевой точки соединённых первичных обмоток трансформаторов по схеме звезды.

RC-цепь, включенная в схему трансформаторно-транзисторного модуля управления параллельно транзистору через разделительный диод, предназначена для защиты от негативных последствий, вызванных коммутационными перенапряжениями. Они возникают в первичных обмотках вольтодобавочного трансформатора вследствие переключений состояний транзисторного ключа.

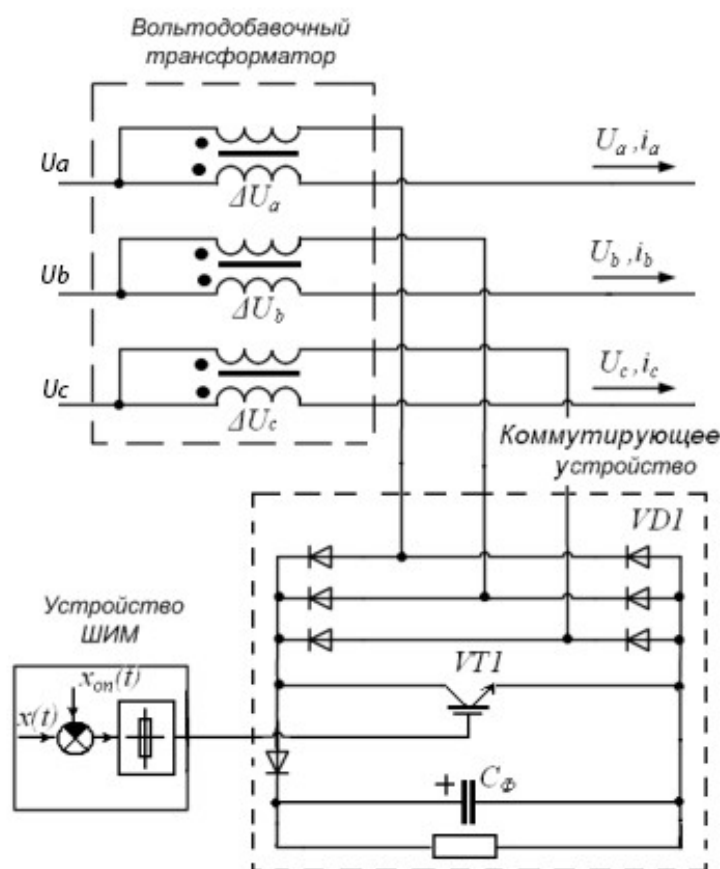


Схема трансформаторно-транзисторного модуля

Работу вольтодобавочного трансформатора, входящего в схему регулятора напряжения, можно приравнять к работе автотрансформатора или магнитного усилителя. Вторичные обмотки специально подключаются к питающей сети последовательно с целью появления возможности наведения электродвижущей силы (уменьшающей или увеличивающей). Когда обмотки включены согласно, могут появляться положительные добавки напряжения; когда обмотки включены противовключением, возможны отрицательные добавки напряжения. Реверсивный переключатель способен переключать полярность, обеспечивая ступенчатое регулирование. Положительной особенностью вольтодобавочного трансформатора является возможность осуществления, с помощью полупроводниковых элементов, регулирования величины положительной или отрицательной добавки напряжения.

Вольтодобавочный трансформатор способен обеспечить:

- Регулировку напряжения с разбросом $\pm 20\%$;
- Исключение асимметрии на 1-2 периода;
- Достижение номинального уровня напряжения за короткий промежуток времени (200-300 мс).

Устройство ШИМ (широтно-импульсной модуляции) предназначено для изменения ширины импульсов выходящего сигнала путём воздействия на управляющий (входной) сигнал. В данном случае ШИМ устройство подключено к транзистору с целью регулирования времени, в течение которого VT1 находится в открытом состоянии. Это позволяет контролировать среднее значение тока, который протекает через транзистор.

Применение такой схемы (рисунок) позволяет достичь уменьшения количества силовых полупроводниковых элементов, используемых в системе. Также в процессе модуляции, которая происходит на высокой частоте, форма кривой тока статорных обмоток представляется непрерывной и практически синусоидальной.

Трансформаторно-транзисторный модуль является не только пусковым элементом, в данном случае асинхронного двигателя, но и элементом стабилизации питания этого электродвигателя. Отметим и другие положительные особенности:

- Не менее чем на 50 % уменьшается бросок пускового тока;
- Снижение реактивной мощности в режиме пуска асинхронного двигателя, обеспечиваемое рассматриваемым модулем управления, позволяет отказаться от дополнительных устройств компенсации этой мощности;
- В режиме стабилизации трансформаторно-транзисторный модуль управления способен устранять падения напряжения сети;
- Ввиду трёх вышеуказанных положительных свойств можно выделить и четвёртый эффект – снижение износа электрической и механической частей электропривода.

Внедрение вольтодобавочного трансформатора оправдано его небольшими габаритами (в общем случае 500x400x1000 (ШxГxВ)), малой массой (в том же случае 170 кг) и коротким временным интервалом работы этого трансформатора.

Применение самого трансформаторно-транзисторного модуля управления в составе электропривода переменного тока станка-качалки для добычи нефти оправдано также и его свойством плавного запуска. Иными словами, применение такого модуля позволит плавно разогнать нефтяной насос, защищая при этом как сам двигатель, так и остальные части качалки, непосредственно связанные с этим электродвигателем.

В ситуациях, когда сеть является ограниченной по мощности, одновентильная схема трансформаторно-транзисторного модуля (рис. 1) и в этом случае показывает себя с положительной стороны, т.к. позволяет ограничить пусковой ток, а значит и общее воздействие на сеть. Возможен даже

одновременный пуск нескольких электродвигателей, что также не приведёт к серьёзным авариям и перебоям сети.

Список литературы

1. Старостина Я.К. Разработка и исследование унифицированного трансформаторно-транзисторного модуля для построения ряда энергосберегающих асинхронных электроприводов: специальность 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Я.К. Старостина; Ульяновский государственный технический университет. – Ульяновск, 2019. – 207 с. – Библиогр.: с. 164-180. – Текст: непосредственный.

2. Сидоров С.Н. Теория автоматического управления в задачах электропривода: учебное пособие / С.Н. Сидоров, Н.А. Лунина. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 122 с.

3. Цылёв П.Н. Электропривод и электрооборудование технологических объектов нефтегазовой отрасли: учеб. пособие / П.Н. Цылёв. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 192 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЗЕРВУАРНЫМ ПАРКОМ: НЕОБХОДИМОСТЬ, ПОДХОДЫ И РЕШЕНИЯ

А.А. Горбунов

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
г. Казань

Аннотация. Резервуарные парки играют ключевую роль в нефтяной, химической и энергетической отраслях, обеспечивая хранение, распределение и первичный учёт жидких и газообразных веществ. В статье рассматривается значимость автоматизации таких объектов, её влияние на безопасность, точность учёта, экономическую эффективность и соответствие нормативным требованиям. Приведены подходы к реализации автоматизированных систем управления, сделан акцент на применение отечественного контроллера ОВЕН ПЛК150 в сочетании с современными измерительными приборами: уровнемером Levelflex, расходомерами Promass F300 и Prowirl F200, датчиками давления AMP 4753 и температуры TR65. Рассматриваются реальные задачи, которые решаются с помощью автоматизации, включая борьбу с несанкционированными сливами, устранение человеческого фактора и повышение прозрачности бизнес-процессов.

1. Значение резервуарных парков и вызовы времени

Резервуарный парк – это стратегически важный узел хранения, распределения и учёта сырья и готовой продукции. В контексте нефтегазовой отрасли, где один кубометр нефти стоит тысячи рублей, точность измерений и надёжность управления становятся критически важными.

Исторически управление резервуарными парками велось вручную или с применением простых систем сигнализации. Это приводило к следующим проблемам:

- человеческий фактор и ошибки при замерах уровня и температуры;

- отсутствие достоверного учёта остатков;
 - невозможность оперативно реагировать на аварии (разгерметизация, переполнение);
 - высокие риски утечек и потерь при перекачках;
 - сложность интеграции с корпоративными системами учёта и логистики.
- Современные требования к промышленной безопасности, энергоэффективности и цифровой трансформации диктуют необходимость полного перехода на автоматизированные системы управления.

2. Зачем нужна автоматизация

Автоматизация управления резервуарным парком позволяет решить целый комплекс задач:

Безопасность

Автоматическое отслеживание уровня жидкости и давления позволяет избежать аварийных ситуаций, таких как перелив, разрыв корпуса резервуара или гидроудары в трубопроводе. Система сигнализирует оператору о приближении критических значений и может автоматически остановить перекачку.

Точность учёта

Внедрение уровнемеров и расходомеров позволяет осуществлять коммерческий учёт нефти и нефтепродуктов с минимальной погрешностью. Это особенно важно при взаимодействии с подрядчиками и логистическими компаниями.

Снижение человеческого фактора

Оператор теперь не должен вручную измерять уровень или температуру, открывать задвижки или вести записи в журнале. Система делает это автоматически, формирует архивы данных и отчётность.

Интеграция и прозрачность

Автоматизированная система может быть связана с ERP, системами диспетчеризации и аналитики, обеспечивая полную прозрачность перемещений продукта на объекте и исключая возможность хищений.

3. Как строится автоматизированная система

Система автоматизации включает в себя три ключевых уровня:

1. Уровень измерений

Здесь задействованы:

- Levelflex FMP51 – надёжный уровнемер, использующий принцип направленного микроимпульсного измерения. Он обеспечивает точное определение уровня жидкости даже в резервуарах с перемешиванием, пеной или паровой фазой.
- Термопреобразователь сопротивления Omnigrad S TR65 – датчик температуры, устанавливаемый в несколько точек по высоте резервуара, чтобы точно учитывать температурный профиль.
- AMP 4753 – датчик давления, контролирующий давление в резервуаре и напорных трубопроводах.
- Promass F300 и Prowirl F200 – расходомеры, измеряющие объём и массу перекачиваемой жидкости, а также плотность.

2. Уровень управления

В качестве центрального звена используется контроллер ОВЕН ПЛК150. Он обрабатывает сигналы с датчиков, управляет насосами, клапанами и сигнализацией, а также передаёт данные на следующий уровень – SCADA-систему.

Контроллер способен:

- выполнять логические алгоритмы (например, блокировку перекачки при высоком уровне);
- осуществлять архивирование и диагностику оборудования;
- работать в автономном режиме при потере связи с верхним уровнем.

3. Уровень диспетчеризации (SCADA)

Здесь оператор наблюдает за работой всей системы через графический интерфейс, получает тревожные сигналы, формирует отчёты и управляет технологическим процессом в реальном времени.

Особенности внедрения и результаты

Внедрение системы автоматизации требует:

- предварительного технического аудита объекта;
- выбора надёжных компонентов, совместимых по протоколам связи (Modbus, HART);
- обучения персонала работе с системой.

Результаты внедрения на реальных объектах показывают:

- до 70 % снижение аварийных ситуаций;
- увеличение точности учёта до 99,9 %;
- снижение затрат на технический персонал;
- улучшение качества планирования логистики и отгрузок.

5. Перспективы и развитие

Современные АСУ позволяют не только управлять, но и **предсказывать** поведение системы. Например, на основе архивных данных можно предсказывать динамику температур, пиковые нагрузки, оценивать техническое состояние насосов и трубопроводов.

Перспективные направления:

- внедрение ИИ для прогнозирования утечек;
- автоматический учёт климатических факторов (осадки, температура);
- переход на беспроводные технологии и удалённый мониторинг через облачные платформы.

Заключение

Автоматизация резервуарного парка – не роскошь, а необходимость для современных промышленных предприятий. Она позволяет обеспечить безопасность, точность и прозрачность хранения и транспортировки ресурсов. Использование современных датчиков и российских контроллеров, таких как ОВЕН ПЛК150, делает эту задачу выполнимой даже в условиях ограниченного бюджета и требований импортозамещения.

Список литературы

1. ОВЕН – <https://owen.ru>

2. Endress+Hauser (Levelflex, Promass, Prowirl) – <https://www.endress.com>
3. AMP 4753 – <https://st-av.ru/>
4. Электронный архив ТПУ – <https://earchive.tpu.ru>
5. CTA Group – <https://cta.ru/articles/cta/otrasli/neftegazovaya-promyshlennost/>
6. Волков С.Н. Автоматизация технологических процессов: учебник для вузов / С.Н. Волков, Ю.А. Тихомиров. – М.: Академия, 2022. – 352 с.
7. Соловьёв Б.А. Автоматизация технологических процессов и производств: учебник / Б.А. Соловьёв, В.А. Архипов. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 416 с.
8. Антонов А.С. Автоматизированная система управления / А.С. Антонов, Р.Р. Галямов, А.Ю. Шарифуллина // Научный аспект. – 2019. – Т. 13, № 2. – С. 1580-1584.

КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ УСПЕШНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.С. Фролов
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы рационального проектирования и оптимизации технологических процессов в современной промышленности. Рассматриваются основные принципы, направленные на повышение эффективности производства, снижение издержек и обеспечение устойчивого развития предприятий.*

Оптимизация и рационализация технологических процессов играют ключевую роль в обеспечении конкурентоспособности промышленных предприятий. Процесс разработки технологического проекта должен учитывать широкий спектр факторов, включая экономические показатели, технологическое совершенство и влияние на окружающую среду. Важность правильного подхода к проектированию обусловлена необходимостью эффективного использования материальных и энергетических ресурсов, минимизации потерь и достижения высоких показателей качества продукции [1-2].

Одним из важнейших принципов рационального проектирования является ориентация на современные информационные технологии. Компьютерное моделирование и симуляция позволяют значительно ускорить процесс разработки новых изделий и технологий. Методы компьютерного инженерного анализа помогают выявить потенциальные проблемы на ранних этапах проектирования, исключив необходимость дорогостоящих испытаний готовых образцов. Широко используются такие инструменты, как CAD/CAM/CAE системы, позволяющие интегрировать процессы конструирования, изготовления и тестирования изделий в единую информационную систему [3].

Экологическая составляющая становится всё более значимой частью современного промышленного производства. Сегодняшняя концепция устойчивого развития требует минимизировать негативное воздействие на

природу, внедряя экологически чистые технологии и улучшая управление отходами. Например, применение ресурсосберегающих методов позволяет повторно использовать побочные продукты, уменьшать объемы потребления энергии и воды, сокращать выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и водоемы. Благодаря таким мерам предприятия могут существенно экономить средства и одновременно улучшать свою репутацию среди потребителей и общества в целом.

Автоматизация и роботизация являются ключевыми элементами повышения эффективности производств. Современное оборудование оснащено системами автоматического контроля, способствующими оперативному управлению процессом и предотвращению сбоев. Человеческий фактор практически устраняется благодаря использованию роботов и машин, выполняющих повторяющиеся операции с высокой точностью и скоростью. Внедрение автоматизированных линий снижает себестоимость продукции, повышает производительность труда и качество выпускаемых товаров. Инновационный подход предполагает активное внедрение новейших научных разработок и инновационных решений. Технологии быстрой диагностики дефектов, точное позиционирование инструментов, новые способы нанесения покрытий и другие инновации обеспечивают рост продуктивности и улучшение эксплуатационных характеристик производимых изделий. Активное сотрудничество между промышленностью и наукой стимулирует разработку уникальных технических решений, адаптированных к специфическим условиям конкретного производства [4-5].

Подводя итог, важно отметить, что успех любого промышленного предприятия зависит от комплексного подхода к разработке и внедрению технологических процессов. Этот подход включает применение информационно-коммуникационных технологий, заботу об экологии, автоматизацию и постоянное обновление техники и оборудования. Такие меры способствуют обеспечению высокого уровня конкурентоспособности, стабильности и устойчивости бизнеса в условиях постоянно меняющегося рынка.

Список литературы

1. Михайлов Н.А. Основные направления модернизации технологических процессов / Н.А. Михайлов, О.Б. Петрова // *Известия вузов. Проблемы экономики и права.* – 2020. – № 1. – С. 15-21.
2. Соловьев И.П. Информационные технологии в автоматизации производственных процессов / И.П. Соловьев, Е.Д. Федоров // *Техника и технология.* – 2021. – № 3. – С. 22-28.
3. Егоров К.Г. Управление качеством и конкурентоспособностью продукции в современных условиях / К.Г. Егоров, Р.Ю. Павлов // *Менеджмент качества.* – 2022. – № 2. – С. 29-35.
4. Лебедев Б.Е. Моделирование и симуляция технологических процессов / Б.Е. Лебедев, Ю.Л. Семенов // *Научные труды молодых ученых.* – 2023. – № 4. – С. 36-42.

5. Белкин А.Р. Эколого-экономическая эффективность внедрения ресурсосберегающих технологий / А.Р. Белкин, М.В. Борисова // Вопросы экономики и менеджмента. – 2024. – № 1. – С. 43-49.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

А.Е. Акимов
Тульский государственный университет,
г. Тула

***Аннотация.** В данной работе рассматриваются ключевые аспекты общей технологии машиностроения, включающие понятие технологического процесса и его структуру, классификацию технологических процессов по различным признакам, а также особенности формирования программы выпуска изделий и типы производства. Особое внимание уделено особенностям организации технологических процессов в условиях единичного, серийного и массового производства, что позволяет оптимизировать производственные ресурсы и повысить эффективность изготовления продукции. Кроме того, освещены основы технического нормирования как важного элемента управления технологическими процессами, направленного на рациональное использование материалов, времени и труда. Рассмотренные вопросы служат фундаментом для понимания технологической организации машиностроительного производства и обеспечения его конкурентоспособности.*

Общие вопросы технологии машиностроения представляют собой фундаментальную область знаний, охватывающую основные принципы и методы организации производственного процесса при изготовлении машин и механических изделий. Эта сфера включает в себя изучение структуры технологического процесса, его стадий и элементов, а также систем оценки и нормирования различных аспектов производства.

Одним из ключевых аспектов является характеристика технологического процесса – последовательности взаимосвязанных операций, направленных на преобразование исходных материалов в конечный продукт. В рамках этой характеристики рассматриваются методы обработки, выбор инструментов, режимы обработки, параметры техпроцесса и способы контроля качества. Также важной составляющей является разработка технологических карт и технологических процессов, обусловленных типом изделия, его сложностью и требованиями к качеству [1].

Классификация технологических процессов осуществляется по различным признакам: по видам обработки (например, механическая обработка – точение, фрезерование, шлифовка; термическая обработка – закалка, отжиг; химическая обработка – гальваника, химическая маска); по типам производства (единичное, серийное, массовое); по способам автоматизации и механизации, а также по сложности изделий.

Каждый тип производства имеет свои особенности организации и технологического оснащения. Так, в условиях единичного производства при изготовлении уникальных изделий важна гибкость технологического процесса, высокая точность и индивидуальный подход к каждому изделию. В серийном

производстве акцент делается на стандартизацию и повторяемость операций, чтобы обеспечить массовое производство при неизменных требованиях к изделиям. В массовом производстве основное внимание уделяется автоматизации, снижению себестоимости и увеличению объема выпуска продукции [2].

Типы производства:

- Единичное – изготавливается один или несколько уникальных экземпляров. Характеризуется высокой индивидуализацией, длительным временем обработки и высокой стоимостью. Например, изготовление прототипов, уникальных станков или деталей для авиатехники.

- Серийное – производство ограниченных партий изделий по сложной технологии. Позволяет проводить повторные операции с меньшими затратами и повышенной точностью. Обычно применяется для изготовления деталей, специализированных узлов и оборудования.

- Массовое – производство огромного количества одинаковых изделий при высокой степени автоматизации. Отличается высокой производительностью, низкой себестоимостью и стандартизацией. Например, изготовление деталей автомобилей или бытовой техники.

Программа выпуска – это плановый документ, определяющий объемы, ассортимент и сроки производства изделий на определенный период. Она включает в себя:

- перечень изделий, их характеристики;
- объемы производства (количество изделий);
- график выполнения заказов;
- распределение ресурсов и мощностей.

Выбор типа производства зависит от требований к изделиям, рыночных условий, стоимости и технологической оснащенности.

Особые вопросы связаны с подбором оптимальных режимов обработки, техническим нормированием, расчётом времени обработки, расхода материалов и трудозатрат. Техническое нормирование – важный инструмент планирования и контроля, позволяющий установить нормативы по времени, материалам и энергии, что способствует рационализации производства, снижению издержек и повышению эффективности [3].

Важным аспектом является рациональный выбор методов, режимов и средств обработки, обеспечивающих качественное, эффективное и экономичное производство. Техническое нормирование регулирует время, расход материалов и трудозатраты, что способствует планированию и контролю. Значительное внимание уделяется автоматизации и механизации производственных процессов, внедрению новых технологий и средств управления (например, CAD/CAM-систем), что повышает точность, производительность и уменьшает влияние человеческого фактора.

Также важным элементом является проектирование и внедрение технологий обработки, автоматизация производственных линий, использование современных средств компьютерного проектирования и управления (КАМ, ERP-системы). Это обеспечивает качество, повторяемость и надежность продукции, а также уменьшает влияние человеческого фактора.

Наконец, при изучении общих вопросов технологии машиностроения необходимо учитывать современные тенденции – развитие автоматизации, роботизации, внедрение новых материалов и технологий обработки, а также обеспечение экологической безопасности производства.

Список литературы

1. Иванов В.П. *Технологические процессы в машиностроении: учебное пособие* / В.П. Иванов, В.А. Фруцкий. – Новополюк: ПГУ, 2009. – 240 с.
2. Лецинер Е.Г. *Основы технологии машиностроения: конспект лекций* / Е.Г. Лецинер. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 85 с.
3. Зубарев Ю.М. *Технологические процессы в машиностроении. Назначение режимов резания и нормирование операций механической обработки заготовок в машиностроении* / Ю.М. Зубарев, А.В. Приёмшеев, В.Г. Юрьев, М.А. Афанасенков. – Изд-во «Лань», 2025. – 248 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ДИАПАЗОНОВ НАТЯЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫТЯГИВАНИЯ ШВЕЙНОЙ НИТИ

Т.Л. Егорова, Д.Э. Шубин, В.Я. Энтин

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна,
г. Санкт-Петербург

Аннотация. В работе представлены результаты экспериментального исследования механических свойств нити марки ЛЛ-35. Исследования проводились на универсальной экспериментальной машине Instron. На основании анализа полученных данных, установлен оптимальный диапазон для устранения неоднородности нити.

Швейные нити – ключевой элемент швейной промышленности. От качества нити зависит качество готового изделия, а также экономическая эффективность предприятия. Нити активно применяются в процессе пошива разнообразных изделий. В процессе пошива на нить действуют дополнительные механические нагрузки, которые приводят к увеличению частоты обрывности, и как следствие, экономическим издержкам. Предварительное вытягивание швейной нити устраняет структурную неоднородность нити и тем самым снижает динамические нагрузки при шитье. В связи с этим, исследование допустимых диапазонов вытягивания нити представляется особенно актуальным [1].

Сила упругости любого материала, теоретически, изменяется согласно закону Гука линейно, с некоторым коэффициентом пропорциональности k .

$$F_H = k\Delta x$$

Большинство реальных материалов имеют нелинейную зависимость «сила-удлинение». Это связано с их структурными особенностями. На неоднородность нити влияет множество факторов в процессе их изготовления. Неоднородная нить не имеет известного математического описания зависимости «сила-удлинение». Поэтому исследования такой зависимости целесообразно выполнять с помощью экспериментов.

Эксперимент проводился на известной универсальной машине *Instron 1122*. Она представляет собой неподвижную раму, внутри которой находятся подвижная и неподвижная части. Неподвижная часть прикреплена к раме и способна выдерживать значительные нагрузки, подвижная часть движется с постоянной скоростью, задаваемой на вычислительном блоке машины. Материал для испытаний (нить) закрепляется одним концом на подвижной, а другим концом на неподвижных частях машины. После запуска, подвижная часть начинает движение вверх по направляющим с заданной постоянной скоростью. При движении с постоянной скоростью, сила натяжения материала изменяется, что записывается с помощью самописца. Нить вытягивается до тех пор, пока не порвется или подвижная часть машины не закончит движение. Результатом эксперимента является зависимость «сила-удлинение».

Для эксперимента применена нить марки ЛЛ-35, длина образца – 200 мм. Для статистической достоверности, была проведена серия из 5 экспериментов для каждой из доступных скоростей машины: 10, 20, 50, 100, 200, 500 и 1000 мм/мин. Полученные для каждой серии данные были усреднены, и по результатам составлены графики зависимости «натяжение – время». На рис.1 – рис.2 показаны усредненные графики для скоростей 500 и 1000 мм/мин соответственно. Данные скорости представляют больший интерес, так как они наиболее близки к реальным скоростным диапазоном пермоточно-вытяжных машин.

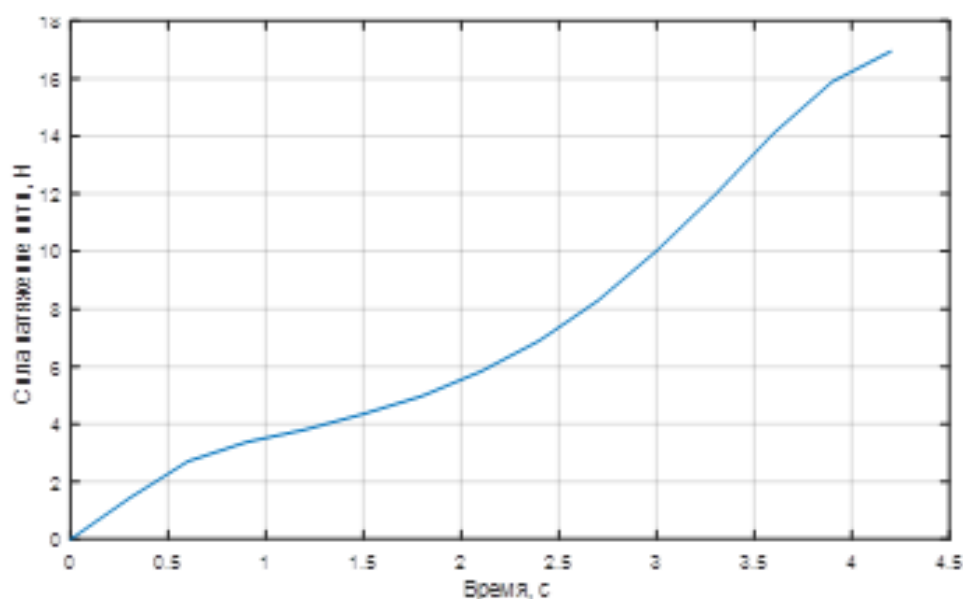


Рис.1. График зависимости натяжения нити от времени на скорости 500мм/мин

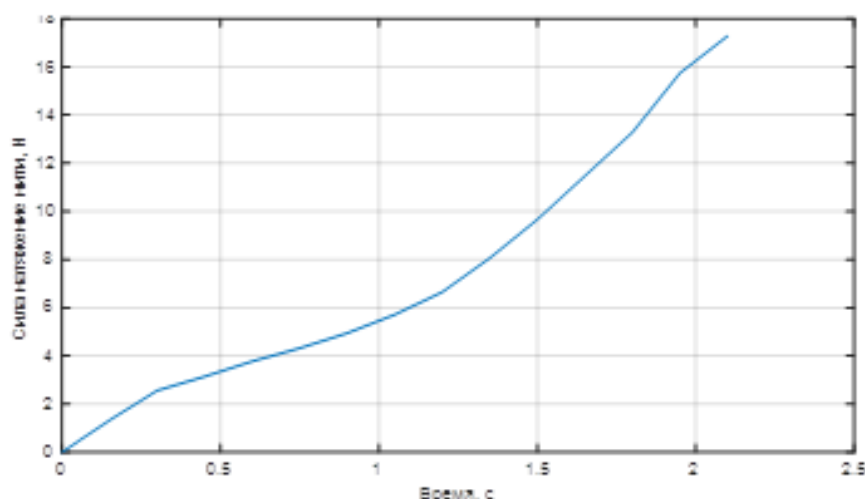


Рис.2. График зависимости натяжения нити от времени на скорости 1000мм/мин

Особый интерес представляет анализ силы натяжения нити в зависимости от времени. На графиках можно выделить несколько диапазонов силы натяжения нити:

1. *Упругая деформация.* Диапазон 1-4Н. Подчиняется закону Гука. После снятия нагрузки, нить почти полностью возвращается в исходное состояние. Устраняются только небольшие неоднородности. Эффективность ниже среднего. Риски надрывов крайне малы.

2. *Переходная область.* Диапазон 4-7Н. Наблюдается заметный изгиб на графике, нить отклоняется от закона Гука. Волокна нити начинают сдвигаться. После снятия нагрузки, часть удлинения остаётся, нить вытянута не полностью. Эффективность средняя. Риски надрывов низкие.

3. *Область пластической деформации.* Диапазон 7-12Н. Наклон кривой растет. Волокна нити начинают ориентироваться вдоль оси нагрузки. После снятия нагрузки, удлинение остается, нить «фиксируется» в новом удлиненном состоянии. Эффективность высокая. Риски надрывов средние.

4. *Предразрывная область.* Диапазон >12Н. Наклон кривой увеличивается. Нить накапливает трещины, в ней образуются поры. После снятия нагрузки нить повреждена, её механические свойства хуже, чем до вытягивания. Эффективность низкая. Риски надрывов очень высокие.

Исходя из анализа графиков зависимости натяжения нити, вытягивание целесообразно выполнять в областях 2-3. В некоторых случаях возможно вытягивание нити в области упругой деформации 1. Выбор окончательной силы вытягивания будет зависеть от особенностей нити и конкретной технологической операции, где планируется их применение.

Выводы:

1. Получены экспериментальные зависимости силы натяжения от времени при постоянном удлинении для нити ЛЛ-35.

2. Проанализированы графики зависимости натяжения от времени, выделены диапазоны силы натяжения.

3. Разработаны практические советы по выбору оптимальных параметров технологического процесса.

Список литературы

1. Платонова Т.Л. Совершенствование процессов вытягивания швейных ниток с учетом неопределенности разрывных усилий: специальность 05.02.13 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Т.Л. Платонова; Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – Санкт-Петербург, 2022. – 125 с.

Содержание

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Панарин В.М., Маслова А.А., Степанчикова А.С. Программа автоматизированной системы непрерывного контроля качества атмосферного воздуха	3
Панарин В.М., Маслова А.А., Архипов А.В. Алгоритмы оценки изменения физических переменных окружающей среды на основе физико-математических моделей экологических систем	5
Панарин В.М., Маслова А.А., Архипов А.В. Структура сенсорной сети информационно-измерительной системы оценки загрязнения атмосферного воздуха промышленно развитого региона	12
Панарин В.М., Маслова А.А., Коваленко А.Н. Роль оценки воздействия на окружающую среду в выявлении экологических рисков и угроз	15
Петрук Н.Н., Гюльмагомедова М.В. Учебно-методические аспекты преподавания темы «Фасции шеи и клетчаточные пространства шеи, их клиническое значение» в курсе топографической анатомии и оперативной хирургии	17
Рахманов Н.И., Скопинцев И.В. Моделирование процессов переработки отходов ламинированного картона	19
Антонова Н.Э. Экологически чистые биотехнологии в силосовании: применение микробных препаратов для снижения углеродного следа и повышения питательной ценности кормов	25
Рылеева Е.М., Маградзе М.Д., Васильева П.С. Особенности разработки проектной документации комплексов локальной очистки сточных вод	30
Вольфович Ю.М. Разработка электродно-сепарационного блока для емкостной деионизации воды, содержащего два наноструктурированных углеродных электрода, а также принципиально новый тип сепаратора в виде наноструктурированной катионо-анионообменной мембраны мозаичной структуры (сокращенно «Мозаичной мембраны») взамен обычного пористого сепаратора	36
Панарин В.М., Рылеева Е.М., Савина Е.А., Соловьева К.С. Ключевые этапы химического преобразования солей хрома в водных объектах	40
Панарин В.М., Рылеева Е.М., Савина Е.А., Соловьева К.С. Реакции химической трансформации солей тяжелых металлов в поверхностных водных объектах	45
Панарин В.М., Рылеева Е.М., Горелкина А.И., Волкова А.В. Основные механизмы изменения концентрации тяжелых металлов в поверхностных водных объектах	49
Панарин В.М., Рылеева Е.М., Горелкина А.И., Волкова А.В. Моделирование миграции тяжелых металлов в водных системах	54
Панарин В.М., Рылеева Е.М., Волкова А.В., Горелкина А.И. Химические реакции разложения загрязняющих веществ в поверхностных водных объектах	61
Панарин В.М., Рылеева Е.М., Волкова А.В., Горелкина А.И. Прогнозирование рисков: определение времени снижения концентрации токсичных веществ в поверхностных водных объектах	65
Рылеева Е.М., Васильева П.С., Маградзе М.Д. Оценка воздействия сушильного цеха производства кирпича на окружающую природную среду	69
Рылеева Е.М., Васильева П.С., Маградзе М.Д. Оценка влияния участка изготовления и переработки гофрокартона на окружающую среду	73

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Кругляк В.В. Инновационные парки России	77
Кругляк В.В. Сады и парки Екатеринбурга	80
Гавриленко Г.А., Курочкина Е.В., Дорофеева А.А., Протопопов А.В. Влияние предварительной обработки на выход эфирных масел хвойных лапок	83

Протопопов А.В., Батвинова А.А., Супоня С.А. Исследование получения бутиратов сахарозы	86
Дорофеева А.А., Гавриленко Г.А., Курочкина Е.В., Протопопов А.В. Влияние катализаторов на получение ацетилированного диэтаноламида жирных кислот	88
Курочкина Е.В., Гавриленко Г.А., Дорофеева А.А., Протопопов А.В. Изучение получения цитратов крахмала в кислой среде и реологических свойств их растворов ...	90
Супоня С.А., Батвинова А.А., Протопопов А.В. Исследование получения жиросахаров с применением растительных масел	93
Штепенко Д.Е., Протопопов А.В. Изучение влияния температуры на вязкость растворов крахмала, модифицированного яблочной кислотой	95
Горшенина Е.Л., Аббясова А.Р., Шевцова В.А. Биоразлагаемые материалы как способ снижения экологического ущерба	97
Архипов А.В. Модель искусственной нейронной системы мониторинга загрязнения атмосферного воздуха	99
Маслова А.А., Браун В.А. Подходы и методы прогнозирования и оценки сточных вод	104
Лисицына К.А., Маслова А.А. Рациональное использование природных ресурсов	109
Воробьева В.А. Экология и рациональное природопользование	111
Кондрашов В.А., Маслова А.А. Современные подходы к построению математических моделей для обнаружения выбросов	113
МЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Хадарцев А.А., Волков А.В. Эпидемические риски первой половины 2025 года	115
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Петрук Н.Н., Гюльмагомедова М.В. Экскурсия в анатомический музей как форма медицинской профориентации	126
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Шахбанов Р.М. Оптимизация энергопотребления в автоматизированных насосных станциях	129
Михайлович Н., Кочетов А.Н. «Зеленая» энергетика глазами физика	131
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Луговскова Ю.П. Оптимальное управление процессом сохранения национальной самобытности диаспоры	142
Яковлев К.Я., Камальдинова З.Ф. Искусственный интеллект в сфере общественного питания: Telegram-бот как альтернатива традиционному обслуживанию в малых и средних кафе	147
Аюпов А.М., Рыжова А.А. Анализ трансформации промышленных предприятий производства пропилена с использованием цифровых двойников	151
Александрова Л.Н., Инютин Н.В., Филатова А.А. Процедурно-ориентированный подход в игровой разработке на JavaScript	154
Спиридонова Е.В., Мендыгалиев Д.С., Барсуков М.В. Контроль доступа к информационной системе с использованием искусственного интеллекта и метода размытия по Гауссу	159
Саморукова О.Д., Крошилин А.В., Крошилина С.В. Методы и алгоритмы, используемые при построении системы поддержки принятия решений медикаментозного лечения	164
Ковалев Г.Р. Продуктивное моделирование с помощью цифровых расчётных технологий ANSYS	166
Гречишкина П.А. История возникновения локальных норм	169

Кашинцева Л.В., Краснов Н.В., Кашинцева С.О. Локальные нормативные акты по охране труда на тепловых электростанциях: проблемы и пути решения	170
Влацкая И.В., Бахуревич В.В. Предупреждение аварийных ситуаций в производственных процессах с помощью интеллектуальных систем	174

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Бик Ю.И., Дегтярева В.В. Расчет эксплуатационной надежности земляного полотна дамбы	178
Исхаков И.Ф. Автоматизация процесса производства поливинилацетата непрерывным способом	183
Ткаченко М.А. АСУТП производства этилцеллюлозы	185
Ханов Ф.Р. АСУТП производства блочного полистирола	187
Лещенко Д.В., Максимов Н.М., Тыщенко В.А., Лещенко Л.Д., Федякин А.Г., Головачева Е.А. Методический подход изучения структуры углероднокислотного катализатора с помощью шлифов на основе фотополимерной мастики	189
Бикбаев И.И. Автоматизация производства полиэтилена среднего давления	192
Шамсутдинов А.А., Рыжова А.А. Анализ существующих Российских промышленных логических контроллеров	194
Латыпов Л.Р. Автоматизированная система управления технологическим процессом производства напитков	196
Алтынбаев А.Ю. Автоматизированная система управления водогрейной котельной	198
Шагеев Б.А. Автоматизированная система управления технологическим процессом рафинации растительного масла	200
Кабиров Т.И. АСУТП производства поливинилбутирала непрерывным методом	202
Коннов В.И., Юдина В.Ф. Промерзание грунта в насыпи и под канавами	204
Лаптев И.А. Автоматизация системы маслоснабжения турбины	206
Валиахметов А.И., Ганиева Г.Р. Обзор и анализ средств измерения расхода криогенных жидкостей для создания эталонной установки по воспроизведению и измерению массового расхода криогенных жидкостей	208
Нургалиев Р.К., Гарифуллин М.Р. Современные подходы к модернизации АСУТП в производстве глицеролфталейна, фенола и ацетона	212
Нургалиев Р.К., Балусев А.Ю. Автоматизация насосных станций перекачки нефти и дизельного топлива: современные технологии и перспективы развития	215
Нургалиев Р.К., Ильин А.Н. Автоматизация системы управления для агрегата газоперекачивающего – обзор методов и оборудования	217
Нургалиев Р.К., Иткин Д.А. Современные технологии автоматизации насосных станций перекачки нефтепродуктов: вызовы и перспективы внедрения	222
Рухмаков А.О. Автоматизация процесса производства полиарилата	224
Мухутдинов Т.Н. Применение машинного обучения в мобильных роботах для складских операций	227
Валиев Р.Н. Пинч-анализ как инструмент для проведения анализа энергетической эффективности технологических схем действующих производств	229
Сиразетдинов Д.И. Транзисторный модуль как устройство управления электроприводом переменного тока нефтяной качалки	231
Горбунов А.А. Автоматизация системы управления резервуарным парком: необходимость, подходы и решения	234
Фролов А.С. Ключевые факторы успешной промышленной деятельности	237
Акимов А.Е. Общие вопросы технологии машиностроения	239
Егорова Т.Л., Шубин Д.Э., Энтин В.Я. Определение эффективных диапазонов натяжения для вытягивания швейной нити	241

Научное издание

**ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**XXXVI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ**

Сборник докладов

Авторское редактирование
и художественное оформление

Принято 1.07.2025. Подписано в печать 4.07.2025

Формат бумаги 70×100 1/16. Бумага офсетная

Усл. печ. л. 20,1

Тираж 100 экз. (1-й з-д 1–75). Заказ 087

Отпечатано в Издательстве ТулГУ
300012, г. Тула, просп. Ленина, 95